وب سایت هیات علمی

بسم الله الرحمن الرحیم

زیست‌فناوری صنعتی و ظرفیت‌های زیست‌فناوری کشور

نسخه نهایی

پاییز و زمستان ۱۴۰۴ ، بهار ۱۴۰۵

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فهرست

فصل ۱: مقدمه ۷

۱-۱- معرفی زیست فناوری صنعتی ۸

۱-۱-۱- صنایع تخمیری ۹

۱-۱-۲- پالایشگاه زیستی ۱۱

۱-۱-۳- محیط زیست ۱۴

فصل ۲: مفاهیم اساسی ۱۶

۲-۱- مقدمه ۱۷

۲-۲- امنیت غذایی ۱۷

۲-۳- امنیت ملی ۱۸

۲-۴- رابطه‌ی امنیت غذایی و امنیت ملی ۱۸

۲-۵- مؤلفه‌های مؤثر در امنیت غذایی ۱۹

۲-۵-۱- ضریب خودکفایی محصولات غذایی ۱۹

۲-۵-۲- دسترسی به غذا ۲۰

۲-۵-۳- استفاده از غذا ۲۰

۲-۶- نقش بیوتکنولوژی صنعتی در امنیت غذایی کشور ۲۲

۲-۷- بحران ارزی (ارزبری) ۲۶

۲-۸- خوداتکایی در تولید محصولات استراتژیک ۲۹

۲-۹- تأمین و تکمیل زنجیره ارزش ۳۲

۲-۹-۱- تعریف زنجیره ارزش ۳۳

۲-۹-۲- ماهیت فعالیت های زنجیره ارزش ۳۵

۲-۹-۳- فعالیت های اولیه ۳۵

۲-۹-۴- فعالیت های پشتیبانی ۳۶

۲-۹-۵- انواع فعالیت ها ۳۷

۲-۹-۶- انواع زنجیره ارزش ۳۸

۲-۹-۷- مراحل پیاده سازی زنجیره ارزش ۳۸

۲-۹-۸- تفاوت زنجیره ارزش و زنجیره تأمین ۳۹

۲-۹-۹- رویکرد زنجیره ارزش ۳۹

۲-۹-۱۰- اهمیت استفاده از رویکرد زنجیره ارزش ۴۲

۲-۹-۱۱- اجرای رویکرد زنجیره ارزش ۴۳

۲-۹-۱۱-۱- مرحله اول: درک زنجیره ارزش و شناسایی نقاط اصلی ۴۳

۲-۹-۱۱-۲- مرحله دوم: تجمیع اقدامات موجود و شناسایی فرصت‌ها برای رسیدگی به نقاط حساس شناسایی‌شده ۴۵

۲-۹-۱۱-۳- مرحله سوم: تعیین دستور کار مشترک و اولویت‌بندی اقدام برای رفع شکاف شناسایی‌شده ۴۶

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۹-۱۲- مثال هایی از زنجیره ارزش ۴۶
۲-۹-۱۳- جمع‌بندی ۴۹
۲-۱۰- چالش‌ها و گلوگاه‌های توسعه زیست فناوری صنعتی کشور ۵۰
۲-۱۱- نقشه ذی نفعان توسعه حوزه درکشور ۵۵
۲-۱۱-۱- معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری ۵۶
۲-۱۱-۲- ستاد توسعه زیست‌فناوری ۵۶
۲-۱۱-۳- ستاد توسعه اقتصاد کشاورزی و غذا ۵۶
۲-۱۱-۴- ستاد توسعه آب، اقلیم و محیط‌زیست ۵۷
۲-۱۱-۵- وزارت جهاد کشاورزی ۵۷
۲-۱۱-۶- سازمان دامپزشکی ۵۷
۲-۱۱-۷- سازمان شیلات ۵۸
۲-۱۱-۸- سازمان انرژی‌های تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) ۵۸
۲-۱۱-۹- سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران ۵۸
۲-۱۲- نقشه ذی نفعان ۵۹
۲-۱۳- بررسی قوانین و اسناد بالادستی درتوسعه حوزه پالایشگاه زیستی کشور ۶۰
۲-۱۴- بررسی ظرفیتهای خالی با بدون استفاده داخلی ۶۳

فصل ۳: بازار زیست‌فناوری صنعتی در کشور **۶۷**

۳-۱- بازار زیست فناوری صنعتی در کشور ۶۸
۳-۲- قند و شیرین کنند ه ها ۷۱
۳-۲-۱- سوربیتول ۷۱
۳-۲-۲- لاکتوز ۷۲
۳-۲-۳- ایزومالت ۷۳
۳-۲-۴- استویا ۷۳
۳-۲-۵- سایر شیرین کننده ها ۷۴
۳-۳- سلولز و مشتقات آن ۷۷
۳-۴- نخ بخیه گوسفندی، هپارین و انوکساپارین ۷۷
۳-۵- سایر محصولات قابل استحصال از کشتارگاه دام و طیور ۸۰
۳-۵-۲- آنتی بیوتیک ها ۸۱
۳-۵-۳- حلال‌های زیستی ۸۵
۳-۵-۳-۱- اتانول سوختی (اتانول مطلق) ۸۶
۳-۵-۳-۲- فورفورال ۸۷
۳-۵-۳-۳- تخمیر ABE (تولید همزمان استون، بوتانول و اتانول) ۸۹
۳-۶- سوخت های زیستی ۹۵
۳-۶-۱- وضعیت انرژی در ایران ۹۶
۳-۶-۱-۱- مصرف انرژی در کشور ۹۶
۳-۶-۱-۲- تولید و مصرف نفت در کشور ۹۷

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳-۱-۶-۳- مصرف گاز طبیعی در کشور ۹۸
۳-۱-۶-۴- مصرف زغال‌سنگ در کشور ۹۹
۳-۱-۶-۵- مصرف برق کشور ۱۰۰
۳-۶-۲- بیواتانول ۱۰۱
۳-۶-۳- بیومتان (بیوگاز) ۱۰۵
۳-۶-۴- پلت سوختی ۱۰۹
۳-۶-۵- سوخت جت پایدار (SAF) ۱۱۲
۳-۶-۶- بیودیزل ۱۱۳
۳-۷- افزودنی‌های فرموله صنایع غذایی ۱۱۵
۳-۸- اسیدهای آمینه ۱۱۷
۳-۸-۲- لیزین ۱۱۸
۳-۸-۳- متیونین ۱۱۹
۳-۸-۴- ترئونین ۱۲۰
۳-۸-۵- مونوسدیم گلوتامات ۱۲۱
۳-۹- عصاره تام و اسانس‌های طبیعی ۱۲۲
۳-۱۰- غلیظ کننده‌ها و ژل کننده‌ها ۱۲۵
۳-۱۱- اسیدهای آلی ۱۲۷
۳-۱۱-۱- سیتریک اسید ۱۲۸
۳-۱۱-۲- تارتاریک اسید ۱۲۹
۳-۱۱-۳- لاکتیک اسید ۱۲۹
۳-۱۱-۴- پروپیونیک اسید ۱۲۹
۳-۱۱-۵- گلوکونیک اسید ۱۳۰
۳-۱۲- استارترها (لبنی، سیلاژ و ...) ۱۳۱
۳-۱۲-۲- استارتر لبنی ۱۳۳
۳-۱۲-۳- استارتر سیلاژ ۱۳۳
۳-۱۳- خمیر مایه و عصاره مخمر ۱۳۵
۳-۱۴- ویتامین‌ها ۱۳۷
۳-۱۵- آنزیم‌ها ۱۳۸
۳-۱۶- کود زیستی ۱۴۰
۳-۱۷- آفت کش زیستی ۱۴۳
۳-۱۸- پروبیوتیک ۱۴۶
۳-۱۹- پری بیوتیک ۱۴۷
۳-۲۰- جلبک ۱۵۱

فصل ۴: حوزه‌های ترند زیست فناوری صنعتی در ایران و جهان ۱۶۱

۴-۱- متدلوژی شناسایی حوزه‌های ترند ۱۶۲
۴-۱-۲- چرخه بلوغ فناوری ۱۶۴

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳-۱-۴- نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) ۱۶۷
۴-۱-۴- بررسی مقالات علمی و پتنت‌های تجاری ۱۶۸
۵-۱-۴- بررسی محصولات و روند کاری شرکت‌های بزرگ تجاری ۱۷۰
۶-۱-۴- بررسی سیستم جذب سرمایه استارت‌اپ‌ها ۱۷۱
۷-۱-۴- بررسی بازار ایران ۱۷۲
۲-۴- حوزه‌های ترند در بیوتکنولوژی ۱۷۳
۳-۴- حوزه‌های ترند محیط زیست ۱۷۵
۱-۳-۴- تخمیر بی‌هوازی ۱۷۵
۲-۳-۴- زیست پالایی الاینده ها ۱۹۲
۳-۳-۴-کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ۱۹۷
۴-۳-۴- تصفیه پساب ۲۰۶
۴-۴- حوزه‌های ترند پالایشگاه زیستی ۲۱۶
۱-۴-۴- پالایشگاه زیستی ۲۱۸
۲-۴-۴- مواد شیمیایی زیست پایه ۲۲۷
۳-۴-۴- انرژی زیستی ۲۳۴
۴-۴-۴- پالایشگاه زیستی دریایی ۲۴۹
۵-۴-۴- کشاورزی پایدار ۲۵۷
۶-۴-۴- فرایندهای ترموشیمیایی ۲۶۱
۷-۴-۴- ترکیبات ارزش افزوده بیوژنیک ۲۶۸
۸-۴-۴- عصاره‌های مشتق شده از گیاهان غیردارویی ۲۷۰
۵-۴- صنایع تخمیری ۲۷۴
۱-۵-۴- چربی و روغن‌های جایگزین ۲۷۴
۲-۵-۴- زیست ترادیسی ۲۷۸
۳-۵-۴- بیوپلاستیک ۲۸۳
۴-۵-۴- بیوفیلم ۲۸۹
۵-۵-۴- مهندسی/ طراحی فرایندهای زیستی ۲۹۳
۶-۵-۴- تخمیر پیوسته ۲۹۸
۷-۵-۴- تخمیر دقیق ۳۰۱
۸-۵-۴- تخمیر گازی ۳۰۶
۹-۵-۴- پروتئین‌های نو ۳۱۰
۱۰-۵-۴- تکنولوژی‌های زیستی ۳۱۵
۱-۱۰-۵-۴- شرکت‌های CDMO ۳۱۵
۲-۱۰-۵-۴- Process Intestification ۳۲۴
۳-۱۰-۵-۴- تجهیزات یکبار مصرف مورد استفاده در فرایندهای زیستی ۳۲۷
۱۱-۵-۴- کروماتوگرافی پیوسته ۳۳۴
۱۲-۵-۴- زیست درمانی زنده ۳۴۴
۶-۴- جمع بندی نهایی ۳۴۹

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۵: مراجع ۳۵۸

فصل ۶: پیوست ۱ افراد دارای سابقه صنعتی و پژوهشی مشابه با ترندهای منتخب ۳۶۸

فصل ۷: پیوست ۲ روش های بررسی بازار ۳۷۷

۱-۷- روش‌شناسی ۳۷۸
۱-۱-۷- فرآیند ارزیابی شفاف ۳۷۸
۱-۲-۷- تحلیل دقیق بازار ۳۷۸
۱-۳-۷- فرآیند ارزیابی بازار قیمت و داده‌ها ۳۷۸
۱-۴-۷- قیمت‌ها (Prices) ۳۷۹
۱-۴-۱-۷-اینکوترمز ۳۷۹
۱-۵-۷- مشخصات محصول ۳۷۹
۱-۶-۷- مناطق ۳۷۹
۱-۷-۷- حجم، بسته‌بندی و مبدا ۳۸۰
۱-۸-۷- فعالان بازار ۳۸۰
۱-۹-۷- سلب مسئولیت و پیاده‌سازی داده‌های قیمت و اطلاعات بازار ۳۸۰
۱-۱۰-۷- تعداد دفعات به‌روزرسانی ۳۸۰
۲-۷- تفسیر بازار ۳۸۱
۲-۱-۷- ویتامین E 50٪ ۳۸۱
۲-۲-۷- ویتامین A 1000 ۳۸۱
۲-۳-۷- ویتامین D3 500 ۳۸۱
۲-۴-۷- ویتامین B2 80٪ ۳۸۱
۲-۵-۷- D-Calpan ۳۸۲
۲-۶-۷- ویتامین B3 ۳۸۲
۲-۷-۷- بیوتین ۳۸۲
۲-۸-۷- ویتامین C 35٪ ۳۸۲
۳-۷- تفسیر بازار ۴۰۰
۳-۱-۷- لیزین ۴۰۰
۳-۲-۷- ترئونین ۴۰۰
۳-۳-۷- DL -متیونین ۴۰۰
۳-۴-۷- تریپتوفان ۴۰۰
۳-۵-۷- والین ۴۰۰

https://heiatelmi.ir

فصل ۱:

مقدمه

وب سایت هیات علمی

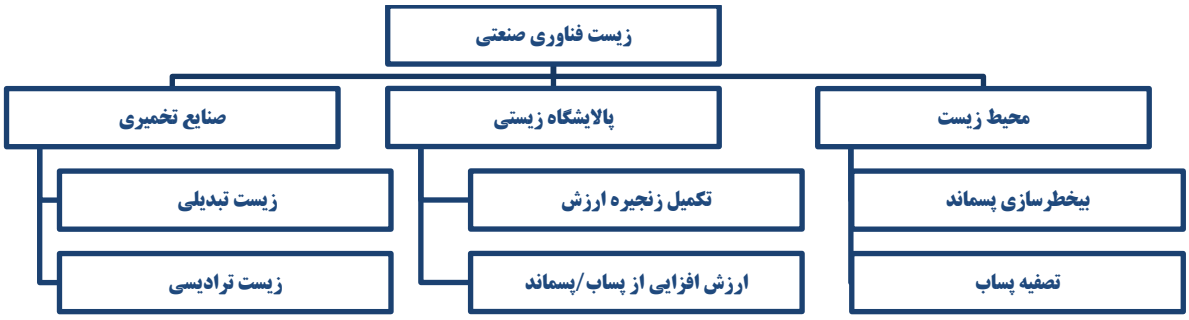
۱-۱- معرفی زیست فناوری صنعتی

در دنیای کنونی که منابع فسیلی محدود هستند و تغییرات اقلیمی تهدیدی جدی به شمار می‌آید، گذار به اقتصاد زیستی[1] و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر ضروری است. زیست‌فناوری صنعتی می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش مصرف نفت و گاز، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و توسعه پایدار داشته باشد. بیوتکنولوژی صنعتی[2] ، که با نام بیوتکنولوژی سفید[3] نیز شناخته می‌شود، به استفاده و کاربرد مدرن بیوتکنولوژی برای فرآوری و تولید پایدار مواد شیمیایی، مواد و سوخت‌ها از منابع تجدیدپذیر با استفاده از سلول‌های زنده (میکروارگانیسم‌ها) و/یا آنزیم‌های آن‌ها اطلاق می‌شود. این حوزه به‌طور گسترده به عنوان موج سوم بیوتکنولوژی در نظر گرفته می‌شود که از دو موج اول (بیوتکنولوژی پزشکی یا قرمز و بیوتکنولوژی کشاورزی یا سبز) متمایز است. فرآوری بیوتکنولوژیکی از آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها یا سلول‌های گیاهی/حیوانی برای تولید محصولات در طیف وسیعی از بخش‌های صنعتی از جمله مواد شیمیایی، داروسازی، خوراک انسان و دام، شوینده‌ها، خمیر و کاغذ، منسوجات، انرژی، مواد و پلیمرها استفاده می‌کند.

برخی از تحولات تاریخی در بیوتکنولوژی صنعتی در شکل زیر ارائه شده است. بشر مدت‌هاست که از بیوتکنولوژی بهره برده است، اما با پیشرفت فناوری‌های جدید و درک بسیار عمیق‌تر از متابولیسم سلولی و علوم مواد، فرصت‌های جدید بسیاری شناسایی شده‌اند و همچنان در حال ظهور هستند. مزایای زیست‌فناوری صنعتی عبارت‌اند از:

- سازگاری با شرایط محیط زیستی (پایین بودن اثرات زیست‌محیطی)
- توانایی استفاده از منابع تجدیدپذیر (زیست‌توده، پساب، پسماند)
- تولید محصولات پیچیده با خلوص بالا و بهینه
- کاهش انرژی مصرفی در شرایط بهینه
- امکان تولید طیف گسترده‌ای از مواد پایه، واسطه و محصولات نهایی

به طور کلی زیست فناوری صنعتی بر سه حوزه اساس تمرکز دارد. این حوزه‌ها و زیر شاخه‌های اصلی آن در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل (۱-۱) حوزه‌های اصلی زیست فناوری صنعتی

[1] Bioeconomy

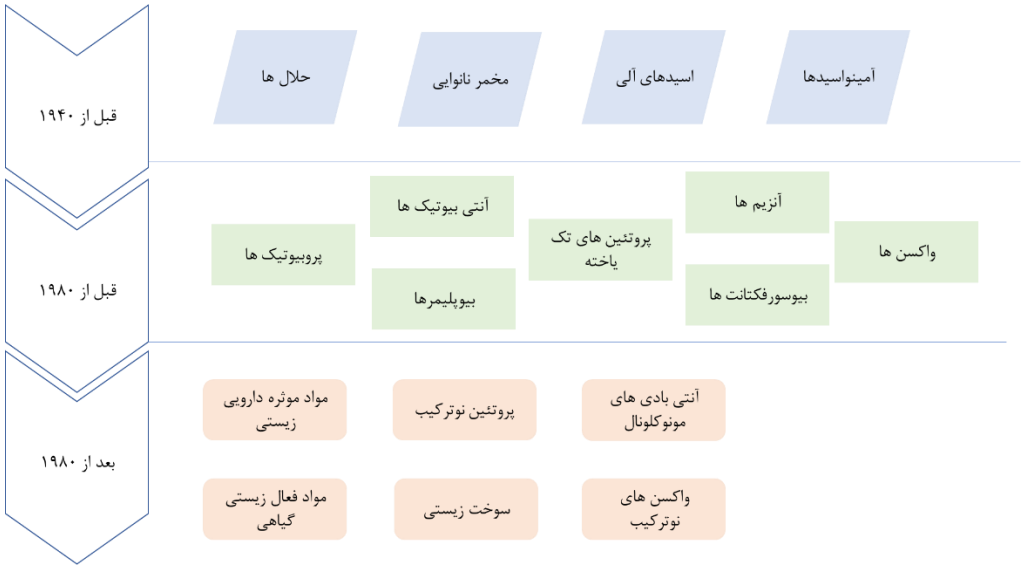
[2] Industrial Biotechnology

[3] White Biotechnology

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نیروی بنیادینی که توسعه و اجرای بیوتکنولوژی صنعتی را پیش می‌برد، اقتصاد بازار است، چرا که بیوتکنولوژی فرآیندهای بسیار کارآمدی را با هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای کمتر ارائه می‌دهد. علاوه بر این، خواسته‌های سیاسی و اجتماعی برای سیستم‌های تولید صنعتی پایدار و سازگار با محیط زیست، در کنار کاهش ذخایر نفت خام و تقاضای روزافزون جهانی برای مواد اولیه و انرژی، به پیشبرد این روند ادامه خواهند داد.



شکل (۲-۱) برخی از تحولات تاریخی در بیوتکنولوژی صنعتی

۱-۱-۱- صنایع تخمیری

صنایع تخمیری به آن دسته از فرآیندهای بیوتکنولوژیکی گفته می‌شود که در آن‌ها میکروارگانیسم‌ها (باکتری، قارچ، مخمر یا سلول‌های میکروبی دیگر) در شرایط کنترل‌شده، سوبسترا‌ها (اغلب قندی، سلولزی یا سایر منابع کربنی) را استفاده کرده و محصولات مطلوبی تولید می‌کنند. فرآیند تخمیر ممکن است منجر به تولید بیوگاز، الکل، اسید آلی، آنزیم، پروتئین، پلیمر زیستی و غیره شود. در مفهوم کلی، می‌توان صنایع تخمیری را به دو زیرشاخه مهم تفکیک کرد:

۱. زیست ترادیسیی[1]: تبدیل ساده زیستی یک ماده (سوبسترا) به محصولی دیگر از طریق فعالیت میکروبی برای مثال تخمیر قندها به اتانول، یا تبدیل گلوکز به اسید لاکتیک

۲. زیست‌ترادیسی[2]: استفاده از آنزیم‌های خالص یا میکروارگانیسم‌ها برای تبدیل یک پیش‌ساز به محصول ارزشمند با واکنش‌های تخصصی

تفاوت اساسی بین تخمیر و زیست ترادیسی در این است که در تخمیر، چندین مرحله کاتالیزوری بین سوبسترا (ماده اولیه) و محصول وجود دارد درحالی‌که تنها یک یا دو مرحله کاتالیزوری در زیست ترادیسی وجود دارد. تمایز همچنین در این واقعیت

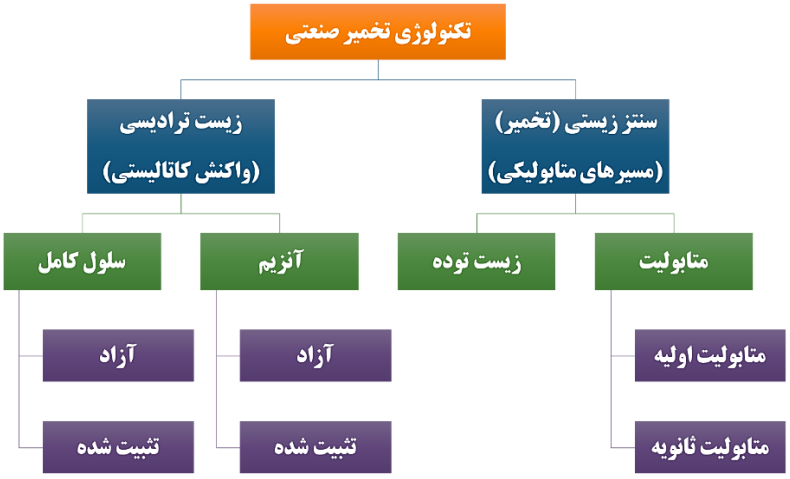
[1] Bioconversion

[2] Biotransformation OR Biocatalysis

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

است که ساختارهای شیمیایی سوبسترا (ماده اولیه) و محصول در یک زیست ترادیسی به یکدیگر شبیه هستند، اما در تخمیر، لزوماً شبیه نیستند و محصول نهایی می‌تواند به‌طورکلی با سوبسترا متفاوت باشد.



شکل (۳-۱) روش‌های مورداستفاده در تخمیر صنعتی

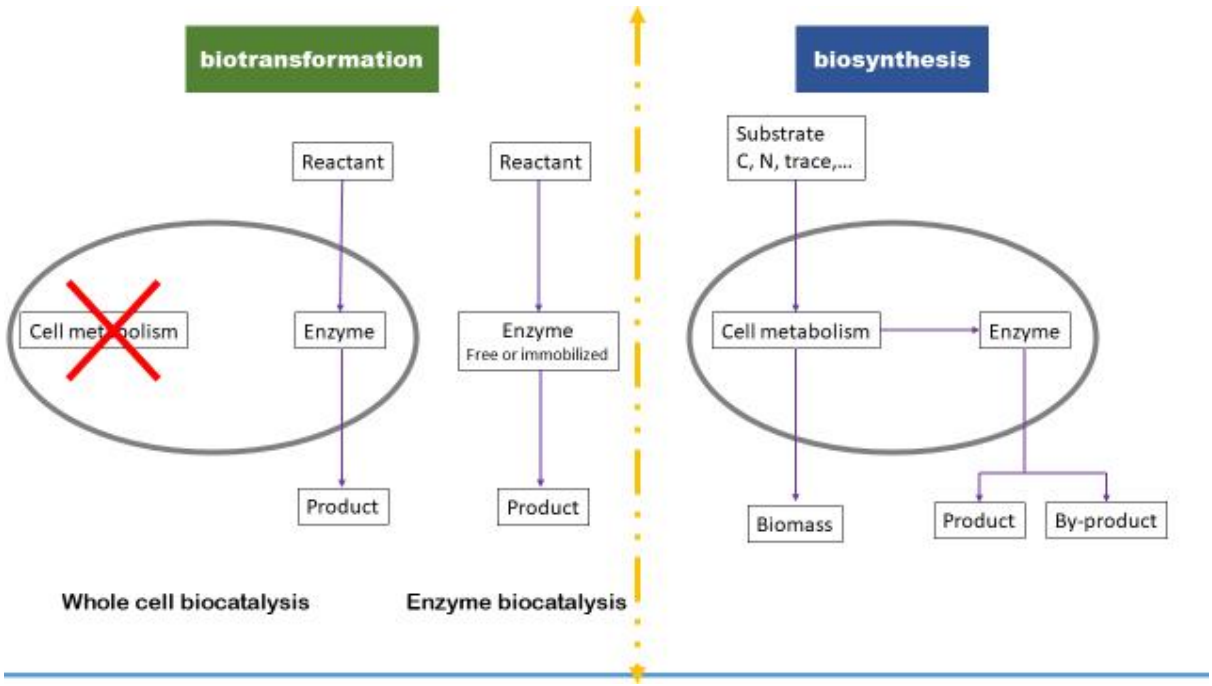
صنایع تخمیری یکی از قدیمی‌ترین و شناخته‌ترین کاربردهای زیست فناوری صنعتی است. در روش بیوسنتز (تخمیر)، میکروارگانیسم با دریافت مواد مغذی مختلف، رشد کرده و با انجام مسیرهای متابولیکی، زیست‌توده و طیفی از متابولیت‌های مختلف تولید می‌گردد. با استفاده از روش‌های جداسازی، متابولیت موردنظر از بین طیف محصولات تولید جداسازی می‌شود. این روش از دیرباز در صنعت مورداستفاده بوده و تولید خمیرمایه نان یکی از کاربردهای رایج آن است. طیف وسیعی از محصولات بالک مانند انواع اسیدهای آلی (لاکتیک اسید، سیتریک اسید و...)، مخمرهای نانوایی، تولید اتانول، انواع خوراک‌های دام تخمیری و ... را از کاربردهای صنایع تخمیری است. صنایع تخمیری با استفاده از سوبسترای مختلف (بسته به فرایند)، میکروارگانیسم‌ها رشد کرده و جهت دهی فرایند بسته به محصول نهایی (متابولیت اولیه یا ثانویه) با تنظیم شرایط تخمیر جهت دهی می‌شود.

در روش زیست ترادیسی، ورودی سیستم یک نوع ماده خاص است که با استفاده از یک واکنش کاتالیستی، به ماده موردنظر تبدیل می‌گردد. در این روش، فقط یک ماده خاص نهایی تولید می‌شود و مبتنی بر واکنش کاتالیزی است. سیستم انجام‌دهنده واکنش کاتالیستی خاص می‌تواند سلول کامل یا آنزیم جداشده از سلول باشد. سلول کامل یا آنزیم جدا شده می‌توانند به‌صورت آزاد یا تثبیت‌شده قرار گرفته باشند. زیست ترادیسی را می‌توان با سلول‌های کامل، اتولیزات آن‌ها یا آنزیم‌های خالص شده انجام داد. زیست ترادیسی عموماً با آنزیم‌های خالص‌شده انجام می‌شود. در مقایسه با تولید متعارف مواد شیمیایی، زیست ترادیسی‌ها اغلب جذاب هستند، زیرا گزینش‌پذیری آن‌ها زیاد بوده و تولید محصولات جانبی نامطلوب را محدود می‌کند. به‌طورکلی زیست ترادیسی تحت دماها و فشارهای ملایم در محلول‌های آبی کار می‌کنند و بسیاری از زیست ترادیسی‌ها فناوری‌های "سبز" هستند. علاوه بر این، آنزیم‌های مورداستفاده، با دستکاری ژنتیکی قابل‌بهبود هستند.

زیست ترادیسی در حال حاضر در بسیاری از صنایع برای تولید طیف وسیعی از محصولات از مواد مؤثره دارویی تا مواد شیمیایی بالک و صنایع غذایی کاربرد دارد. تولید انواع انتی بیوتیک ها (مانند پنی سیلین، سفازولین، و....)، انواع ویتامین‌ها (مانند ویتامین ب۶)، انواع داروها و پیش سازهای دارویی (ایبوبروفن، پروگرانول، لورازپام و ...)، انواع مشتقات ویتامین‌ها، واکسن‌ها و استرهای اسید چرب (مانند امگا ۳) از جمله کاربردهای زیست ترادیسی تجاری شده در جهان است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴-۱) مفهوم بیوسنتز و زیست ترادیسی

در مقایسه با فرایندهای تخمیر، محصولات جانبی کمتری در زیست ترادیسی تشکیل می‌شوند، نیازی به تخمیرهای گران‌قیمت پیچیده نیست، هوادهی، هم‌زدن و تلقیح نیاز ندارد و سوبسترا به سمت تشکیل یک زیست‌توده سلولی جدید منحرف نمی‌شود. در زیست ترادیسی، بیو کاتالیست‌های مورداستفاده در واقع همان آنزیم‌ها هستند. تفاوت بین یک فرایند بیو کاتالیستی و یک فرایند شیمیایی معمولی در بیو کاتالیست است. براین‌اساس، آنزیم‌ها به‌عنوان مشارکت‌کنندگان اصلی در محصولات و فرایندهای صنعتی پاک شناخته می‌شوند. در مقایسه با مواد شیمیایی، آنزیم‌ها از نظر عملکرد خاص هستند و در شرایط ملایم کار می‌کنند. آنزیم‌ها اغلب می‌توانند واکنش‌هایی را انجام دهند که حتی با شیمی معمولی امکان‌پذیر نیست و در نتیجه مزایای جدیدی را ارائه می‌دهند. آنها با محیط‌زیست سازگار هستند، از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شوند و کاملاً زیست‌تخریب‌پذیر هستند و حتی زیست‌توده اضافی حاصل از تولید آنزیم‌ها به دلیل انتقال به زمین‌های کشاورزی به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک و کود، قابل‌استفاده است. در حال حاضر بسیاری از صنایع مختلف فرایندهای قدیمی را با استفاده از مواد شیمیایی که می‌تواند اثرات مخربی بر محیط‌زیست و تجهیزات داشته باشد را با فرایندهای جدید با استفاده از آنزیم‌های زیست‌تخریب‌پذیر جایگزین کرده‌اند. تعداد کاربردهایی که در آن از آنزیم‌ها استفاده می‌شود بسیار و متنوع است.

۲-۱-۱- پالایشگاه زیستی

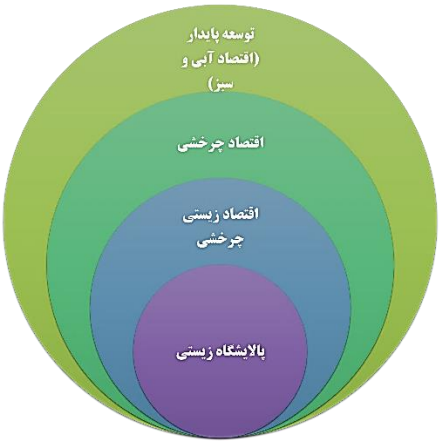
اقتصاد چرخشی[1] به‌عنوان اقتصادی تعریف می‌شود که دارای طراحی ترمیم‌کننده و احیاکننده است و هدف آن حفظ محصولات، اجزا و مواد در بالاترین کاربرد و ارزش در همه زمان‌ها، تمایز بین چرخه‌های فنی و بیولوژیکی است. اقتصاد چرخشی عمدتاً بر استفاده کارآمد از منابع محدود تمرکز می‌کند و تضمین می‌کند که این منابع تا زمانی که ممکن است

[1] Circular economy

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مجدداً استفاده شوند. مفهوم اقتصاد زیستی[1] در ابتدا در دهه ۱۹۹۰ با برجسته‌شدن اهمیت ژنومیک و کاربردهای بالقوه آن مطرح شد. در اوایل دهه ۲۰۰۰، با افزایش تمرکز بر اهمیت توسعه پایدار، اقتصاد زیستی به‌عنوان یک مفهوم سیاسی در اروپا تبدیل گردید. تعریف اقتصاد زیستی توسط کمیسیون اروپا (۲۰۱۸)، ایجاد منابع بیولوژیکی مختلف تجدیدپذیر و تبدیل آن به محصولات مختلف زیستی با ارزش بالا مانند غذا، خوراک دام، مواد بیوشیمیایی و انرژی زیستی تعریف شده است. اقتصاد زیستی سبب کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی، فراهم نمودن منبع کربن تجدیدپذیر (زیست‌توده) و همچنین ایجاد فرصت‌های شغلی و تجاری به‌ویژه در مناطق روستایی می‌گردد. به‌منظور تحقق این انتظارات، مفهوم پالایشگاه زیستی نقشی کلیدی برای بهینه‌سازی تبدیل زیست‌توده و دستیابی به اهداف تعیین شده برای مفهوم اقتصاد چرخشی را ایفا می‌کند. اقتصاد زیستی چرخشی در چارچوب اقتصاد چرخشی قرار گرفته و از زیست‌توده به‌عنوان یک جزء جدایی‌ناپذیر برای تولید محصولات مختلف زیستی، بیوشیمیایی و انرژی زیستی در یک پالایشگاه زیستی استفاده می‌کند. با بسته‌شدن حلقه در چارچوب اقتصاد زیستی چرخشی، پایداری و دوام اقتصادی برای تولید جریان زیستی حاصل می‌شود.



شکل (۵-۱) ارتباط بین اقتصاد چرخشی، اقتصاد چرخشی زیستی و پالایشگاه زیستی

پالایشگاه زیستی[2] مفهومی برگرفته از پالایشگاه نفت است، با این تفاوت که به جای نفت خام، از زیست‌توده[3] یا پسماندهای زیستی به‌عنوان خوراک استفاده می‌کند و محصولات متنوعی شامل انرژی (سوخت‌های زیستی)، مواد شیمیایی پایه، مواد غذایی، کود و غیره تولید می‌کند. هدف اصلی پالایشگاه زیستی، تکمیل زنجیره ارزش و استفاده حداکثری از کل اجزای زیست‌توده با کمینه تولید پسماند و بیشینه تولید محصولات با ارزش است. در پالایشگاه زیستی، نکته کلیدی «افزایش ارزش افزوده» و «تنوع محصول» است؛ یعنی نه تنها تولید سوخت، بلکه تولید مواد شیمیایی واسطه، پلیمرها، بیومواد و مواد افزودنی با ارزش بالا اهمیت دارد. به طور کلی، پالایشگاه زیستی به مجموعه‌ای که با استفاده از زیست‌توده (اولیه یا ثانویه) و فرایندهای متنوع (زیستی، مکانیکی، شیمیایی و ...) و با بهره‌گیری از فرایندهای زیستی (تخمیر، هضم، آنزیم و...) با مواد اولیه غیرزیستی (متان، CO_2، ...) به تولید محصول با ارزش‌افزوده با استفاده از مسیر فناورانه بپردازد، گفته می‌شود. محصول با ارزش‌افزوده در این تعریف شامل تکمیل زنجیره ارزش محصولات تولیدی در کشور (شکر، شیر و ...)، ارزش‌افزایی از پسماند و بقایا (باگاس، ...) و تولید محصولات زیست‌پایه است. این محصولات در سه دسته مواد شیمیایی، مواد اولیه و انرژی می‌گنجد. دو محدودیت در تعریف پالایشگاه زیستی عبارت است از:

۱. در رویکرد استفاده از زیست‌توده، حداقل دو مرحله فراروی باید صورت پذیرد.
۲. و همچنین عدم وجود پساب/پسماند قابل ارزش‌افزایی در راستای اقتصاد چرخشی است.

پالایشگاه زیستی یکی از راهبردهای کلیدی توانمندسازی اقتصاد چرخشی است که اتصال بین حلقه‌های مواد زیست‌توده خام

[1] Bioeconomy
[2] Biorefinery
[3] Biomass

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

(استفاده مجدد از جنگل‌داری، کشاورزی، ضایعات فرایندهای صنعتی)، مواد معدنی، آب و کربن را برقرار می‌سازد؛ بنابراین، پالایشگاه زیستی استراتژی بهینه برای استفاده پایدار در مقیاس بزرگ از زیست‌توده در اقتصاد زیستی است.

این امر منجر به تولید مشترک رقابتی مواد غذایی/خوراک دام، محصولات مبتنی بر زیست و انرژی زیستی همراه با اثرات بهینه اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی (استفاده کارآمد از منابع، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و غیره) خواهد شد.

چند نوع مدل رایج بیورفاینری وجود دارد:

- **بیوریفاینری مبتنی بر شکر یا نشاسته:** تبدیل قندهای ساده و پیچیده به محصولات مختلف
- **بیوریفاینری مبتنی بر لیگنوسلولوز :**ابتدا زیست‌توده لیگنوسلولوزی (چوب، ضایعات کشاورزی) هیدرولیز شده و قندهای آزاد شده (۵ یا ۶ کربنه) با استفاده از تخمیر به محصولات متنوع تبدیل می‌شوند.
- **بیورفاینری مبتنی بر روغن**[1]: استفاده از میکروارگانیسم‌های تولیدکننده چربی (مانند میکروجلبک‌ها) برای تولید روغن و سپس تبدیل آن به سوخت یا مواد شیمیایی



شکل (۶-۱) شماتیک پالایشگاه زیستی

- **بیورفاینری پسماندی**[2]: استفاده از پسماندهای آلی شهری، کشاورزی، صنعتی یا پساب به‌عنوان خوراک اولیه
- **مدل یکپارچه**[3]: ترکیب روش‌های مختلف (تبدیل ترمودینامیکی، شیمیایی، زیستی) در یک زنجیره همگرا

در مدل‌های نوظهور، اغلب ترکیبی از استخراج شیمیایی یا فاز مایع (برای جداسازی ترکیبات ارزشمند) و سپس تخمیر اجزای باقی‌مانده به کار می‌رود.

یکی از اصلی‌ترین جنبه‌های پالایشگاه زیستی، بازیافت مواد ارزشمند از پساب و پسماند (مانند پساب‌های صنعتی، ضایعات غذایی، تفاله‌های کشاورزی، لجن پساب) است. این رویکرد به اقتصاد چرخشی و پایداری محیط زیست کمک می‌کند و سبب تکمیل زنجیره ارزش محصولات در صنایع مختلف مانند صنعت نیشکر، ذرت، برنج، جنگل، سلولز و ... می‌شود. در حال حاضر پالایشگاه‌های زیستی موفق بسیاری در سطح جهانی وجود دارد. Granbio یکی از نمونه‌های موفق پالایشگاه زیستی است که در صنعت نیشکر فعال وبده و با استفاده از این رویکرد، اتانول نسل دوم، قندهای تخمیر پذیر، سوخت جت و غیره از باگاس نیشکر را تولید می‌کند. (PMC)

فرآیندهای رایج مورداستفاده در بازیابی مواد از پساب وپسماند در بیوریفاینری عبارت‌اند از:

- هضم بی‌هوازی: تولید بیوگاز از پسماندهای آلی؛ غالباً مرحله اول در بیورفاینری پسماندی

[1] Oleaginous biomass

[2] Waste Biorefinery

[3] Integrated Biorefinery

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- تخمیر تاریک[1]: تولید هیدروژن یا اسیدهای آلی
- تبدیل میکروبی لجن یا ذرات معلق به بیومس یا محصولات ارزشمند
- استخراج ترکیبات فعال (نانومواد، فنول‌ها، رنگدانه‌ها) از پساب و ضایعات
- فرایندهای ترکیبی (مثلاً استخراج با حلال + تخمیر اجزای باقی‌مانده)

تبدیل تفاله‌های میوه به اسیدهای آلی یا بیوپلیمر، تبدیل محصولات جانبی و پسماندها به محصولات پروبیوتیک، بازیابی مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) از پساب برای تولید کودمثال هایی از این دست هستند. چنین رویکردهایی ضمن کاهش بار زیست‌محیطی، ارزش اقتصادی و پایداری را ارتقاء می‌دهند.

۳-۱-۱- محیط زیست

زیست‌فناوری صنعتی به‌عنوان یکی از شاخه‌های نوین و کارآمد علوم زیستی، نقش مهمی در حفاظت از محیط زیست و کاهش اثرات منفی فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم دارد. امروزه استفاده از این فناوری نه‌تنها در تولید محصولات پایدار و بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی اهمیت یافته است، بلکه در مدیریت پسماندها و تصفیه پساب‌ها نیز جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. برخلاف روش‌های سنتی نظیر دفن یا سوزاندن ضایعات‌ها، که اغلب منجر به آلودگی بیشتر خاک، آب و هوا می‌شوند، رویکردهای زیستی با تکیه بر توانایی میکروارگانیسم‌ها در تجزیه و تبدیل مواد آلاینده، راهکاری سازگار با محیط زیست ارائه می‌دهند.

یکی از اصلی‌ترین کاربردهای زیست‌فناوری در حوزه محیط زیست، تصفیه پساب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی است. فرایندهای بیولوژیکی در این زمینه به دلیل مصرف انرژی کمتر، تولید گل‌ولای محدودتر و قابلیت حذف ترکیبات آلی پیچیده، جایگزین مناسبی برای روش‌های شیمیایی و فیزیکی محسوب می‌شوند. بسته به نوع آلاینده‌ها، از فرایندهای هوازی مانند لجن فعال و بیوفیلم‌ها، یا از روش‌های بی‌هوازی نظیر راکتورهای UASB و سامانه‌های ترکیبی برای بهبود کارایی تصفیه استفاده می‌شود. در صنایع دارای پساب‌های پیچیده – مانند نساجی، نفت و گاز و صنایع شیمیایی – به کارگیری میکروارگانیسم‌های مقاوم یا مهندسی‌شده ژنتیکی امکان حذف آلاینده‌های خاص را فراهم می‌کند و باعث ارتقای کارایی فرایند تصفیه می‌شود.

علاوه بر این، زیست‌فناوری محیطی در زمینه بی‌خطرسازی پسماندهای آلوده نیز کاربرد گسترده‌ای دارد. پسماندهایی چون لجن پساب، ضایعات‌های صنعتی آلی و پساب‌های حاوی فلزات سنگین یا ترکیبات سمی، نیازمند روش‌هایی هستند که ضمن کاهش خطرات زیست‌محیطی، بازده حذف آلاینده‌ها را افزایش دهند. در این راستا، زیست پالایی یکی از کارآمدترین روش‌هاست که در آن از میکروب‌های طبیعی یا مهندسی‌شده برای تجزیه یا تثبیت آلاینده‌ها در محیط‌های خاکی، آبی یا هوایی استفاده می‌شود. استفاده از آنزیم‌های ویژه مانند پراکسیدازها، لیزوزیم‌ها و دی‌اکسیژنازها نیز در بهبود کارایی این فرایند نقش دارد. در برخی موارد، ترکیب فناوری‌های بیولوژیکی با روش‌های فیزیکوشیمیایی (مانند پیش‌تصفیه شیمیایی پیش از بیورمدیاسیون) به دستیابی به نتایج مطلوب‌تر کمک می‌کند. نمونه‌های موفقی از این کاربرد را می‌توان در پاکسازی خاک‌های آلوده به نفت با استفاده از میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده زنجیره‌های هیدروکربنی مشاهده کرد.

[1] Dark Fermentation

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

برای دستیابی به موفقیت در چنین فناوری‌هایی، انتخاب گونه‌های میکروبی مناسب و مقاوم، کنترل دقیق شرایط محیطی (نظیر pH، دما و اکسیژن)، استفاده از بیورآکتورهای کارآمد، و نظارت پیوسته با ابزارهای بیوسنسور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین، ارزیابی زیست‌پایداری و ریسک‌های احتمالی استفاده از میکروب‌های دست‌کاری‌شده ژنتیکی ضروری است تا اطمینان حاصل شود که مداخلات زیستی خود موجب بروز آلودگی‌های جدید نمی‌شوند.

در مجموع، زیست‌فناوری محیطی به‌عنوان ابزاری پایدار و مؤثر، چشم‌انداز تازه‌ای برای مدیریت منابع و کاهش آلودگی در صنایع مختلف فراهم کرده است. بهره‌گیری از آن در تصفیه پساب‌های شهری، صنایع غذایی و شیلات، حذف رنگ از پساب‌های نساجی، حذف فلزات سنگین از پساب صنعتی و پاکسازی خاک‌های آلوده به مواد نفتی، نمونه‌هایی از نقش برجسته این فناوری در حرکت به‌سوی توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست به‌شمار می‌روند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۲:

مفاهیم اساسی

https://heiatelmi.ir

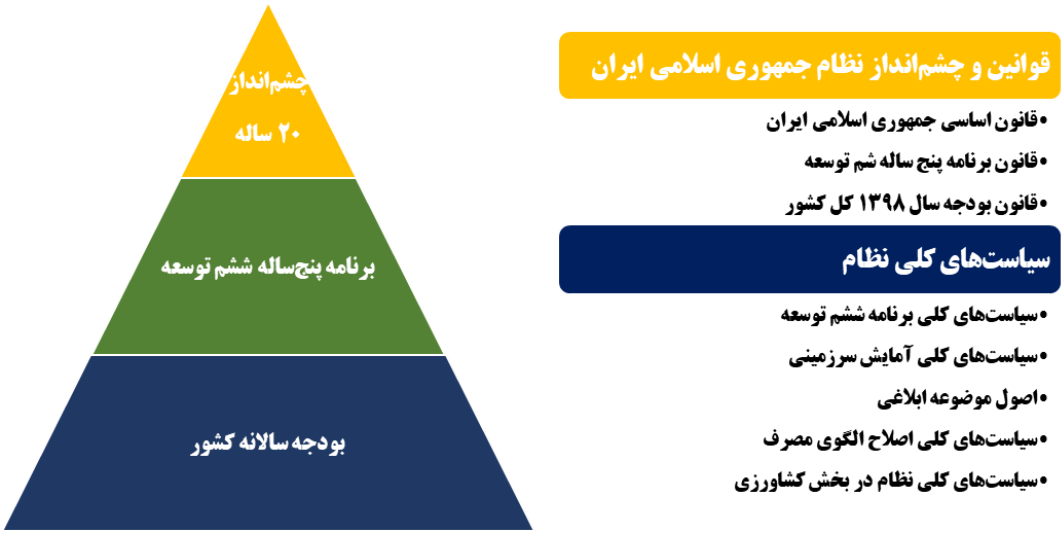
وب سایت هیات علمی

۲-۱- مقدمه

چالش‌های اقتصادی ایران، به‌ویژه بحران ارزی، وابستگی به واردات، و محدودیت منابع ارزی، در سال‌های اخیر فشارهای زیادی به اقتصاد کشور وارد کرده است. در این شرایط، تقویت خوداتکایی در محصولات استراتژیک از جمله نیازهای اساسی برای حفظ استقلال اقتصادی و مقابله با بحران‌ها است. بیوتکنولوژی صنعتی، به‌ویژه در حوزه‌های کشاورزی، داروسازی، انرژی و صنایع غذایی، می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش وابستگی به واردات، افزایش تولیدات داخلی و تقویت امنیت غذایی کشور عمل کند. با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین بیوتکنولوژیک، ایران قادر است به افزایش بهره‌وری در بخش‌های مختلف و کاهش ارزبری کمک کند.

۲-۲- امنیت غذایی

ضرورت تأمین نیازهای اساسی در اصول سوم و چهل و سوم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران سند چشم‌انداز جمهوری مورد تأکید قرار گرفته است. این رویکرد در سیاست‌گذاری‌های سطح ملی در قالب «سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی»، «سیاست‌های کلی نظام در دورهٔ چشم‌انداز - سیاست‌های بخش کشاورزی»، «سیاست‌های کلی برنامه چهارم، پنجم و ششم توسعه» در زمینه‌ی فقر و برطرف‌ساختن هر نوع محرومیت در زمینه‌ی تغذیه، رفاه فردی و اجتماعی مورد تأکید قرار گرفته است. بررسی داده‌ها و اطلاعات مربوط به امنیت ملی گویای این واقعیت است که خطراتی که امنیت و رفاه آینده جوامع بشری را تهدید می‌کند نه تنها خطرات سنتی چون برخوردهای بین‌المللی و تجاوز نظامی به وسیله‌ی یک قدرت خارجی‌است، بلکه خطرات ناشی از بی‌ثباتی‌های اقتصادی، فقر، گرسنگی و به‌ویژه عدم وجود امنیت غذایی است. بدون شک امنیت غذایی و درجه‌ی اطمینان دسترسی به غذا به حیات اقتصادی و سیاسی و بالطبع به حیات امنیتی کشور مرتبط است. در واقع حیات امنیتی کشور وامدار حیات امنیت غذایی است.



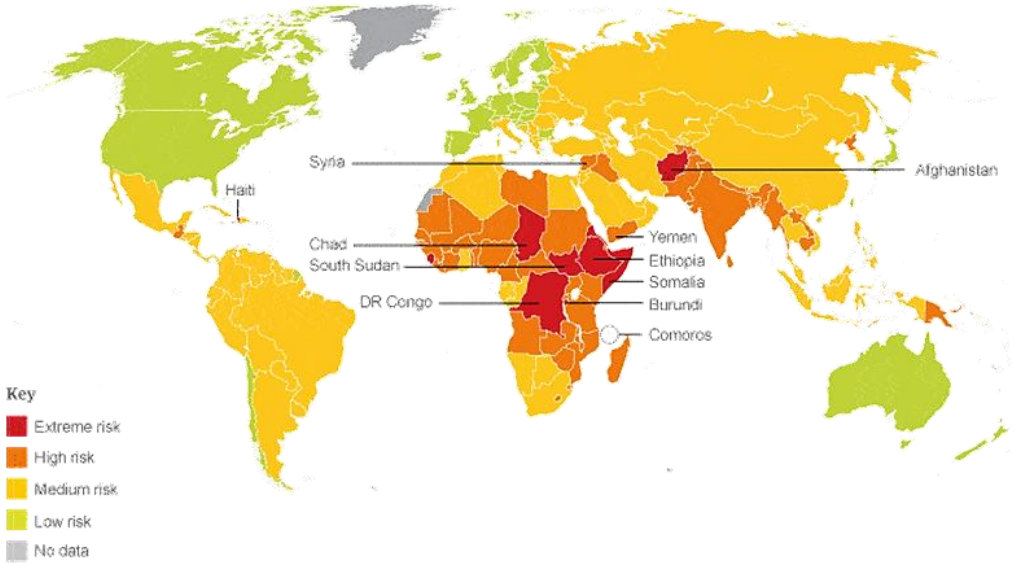
شکل (۱-۲) اسناد بالادستی مرتبط با امنیت غذایی

امنیت غذایی دارای زیر سیستم‌های «عرضه مواد غذایی»، «نگهداری، فراوری و توزیع»، «مصرف» و «سلامت» است و هرگونه

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اخلال در هر یک از زیر سیستم‌ها و عوامل تشکیل‌دهنده آن‌ها می‌تواند بر امنیت غذایی و فرد تأثیر منفی بگذارد. زیر سیستم «تولید و عرضه» را می‌توان نقطه‌ی آغازین در موضوع امنیت غذایی دانست. براین‌اساس عرضه‌ی مواد غذایی، اولیه و مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در سنجش امنیت غذایی است و به همین دلیل، اهمیت هدف افزایش تولید کشاورزی و مواد غذایی، به‌عنوان مهم‌ترین هدف بخش کشاورزی، در تأمین امنیت غذایی برای جامعه آشکار می‌شود. گرچه سایر اهداف بخش کشاورزی نظیر کاهش ضایعات مواد غذایی و افزایش درآمد کشاورزان نیز در برقراری امنیت غذایی از جنبه‌ی عرضه مواد غذایی و دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای موردنیاز نقش دارد.



شکل (۲-۲) وضعیت شاخص امنیت غذایی در کشورهای مختلف

۲-۳- امنیت ملی

امنیت ملی مفهومی غربی است که بعد از جنگ جهانی دوم مطرح شد. مفهوم امنیت ملی به طور عینی به معنای فقدان تهدید نسبت به ارزش‌های مکتسبه و به طور ذهنی به مفهوم فقدان ترس از حمله به این‌گونه ارزش‌ها است. در تعریف مدرن امنیت ملی به‌جای توجه به تهدیدات خارجی، آسیب‌پذیری‌های داخلی بیش‌تر موردتوجه است و تهدید خارجی دارای اعتبار کمتری است. همچنین به‌جای مسائل نظامی به شرایط و عوامل اقتصادی نظیر نرخ بیکاری، تورم، میزان تولید ناخالص ملی (GDP)، درآمد سرانه، ذخیره‌ی ارزی و میزان جمعیت فعال پرداخته می‌شود. درحالی‌که در نگرش و گفتمان سنتی، تهدید، اولاً منشأ خارجی وجود دارد و ثانیاً وجه نظامی آن غلبه است. این عوامل در کنار تولنایی دولت در عرضه‌ی سطح معقولی از رفاه اجتماعی و امنیت غذایی، مقبولیت و مشروعیت دولت را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

۲-۴- رابطه‌ی امنیت غذایی و امنیت ملی

امنیت غذایی یک سیاست امنیت ملی است که کم‌وکیف آن، مقدار و عرضه و کیفیت کالاهای عمومی، امنیت ملی را در هر کشور تعیین می‌کند. عرضه‌ی یک سطح بهینه‌ی امنیت ملی مستلزم تدارک سطح بهینه‌ی امنیت غذایی است. تاریخ روابط

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

بین کشورها نشان می‌دهد که کشورهای قدرتمند در بیشتر موارد از مواد غذایی به‌عنوان حربه‌ی سیاسی علیه کشورهای جهان سوم بهره گرفته‌اند. تجربه‌ی کشورهای کمتر توسعه‌یافته حاکی از این است که وابستگی آن‌ها به واردات مواد غذایی از کشورهای توسعه‌یافته‌تر باعث ضربه‌پذیری سیاسی‌شان شده و امنیت ملی‌شان همواره از این محل در معرض تهدید بوده است. این موضوع در شرایط تحریمی از اهمیت قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار است.

ناامنی غذایی، عزت‌نفس یک ملت (به‌عنوان ستون اصلی توسعه و استقلال ملی) را تخریب و با ایجاد اخلال در انباشت سرمایه اجتماعی، کنش‌های جمعی را بسیار پرهزینه می‌کند و در نتیجه امکان وفاق و وحدت ملی را کاهش می‌دهد. به دلیل وجود این رابطه مهم و تنگاتنگ، ارتقا سطح امنیت غذایی و امنیت ملی در قانون اساسی، قوانین و سیاست‌های کلی برنامه دوم، سوم، چهارم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ خورشیدی، موردتوجه خاص و ویژه قرار گرفته است. اگرچه امنیت غذایی از زیرساخت‌های مختلف عرضه، توزیع مناسب و تغذیه و بهداشت برخوردار است، اما متغیرهای کلان اقتصادی مانند تورم، نرخ اشتغال، درجه‌ی فقر، چگونگی توزیع درآمد بین اقشار جامعه، شاخص‌های توسعه‌ی روستایی و سطح درآمد جامعه و اتکای عرضه به منابع داخلی هر کشور یا واردات، بر آن اثر دارد. امنیت غذایی با ابعاد اقتصادی و منابع انسانی امنیت ملی رابطه‌ی مستقیم و با ابعاد سیاسی-اجتماعی، دفاعی-نظامی و فرهنگی-علمی و فناوری آن رابطه‌ی غیرمستقیم دارد.

اتکا به تولیدات داخلی مواد غذایی آسیب‌پذیری در سطح ملی به‌ویژه در شرایط تحریمی را به حداقل می‌رساند. عرضه‌ی باثبات مواد غذایی نقش اساسی در امنیت غذایی جامعه دارد و نهایتاً می‌تواند پایداری و استمرار امنیت غذایی را تضمین نماید.

۲-۵- مؤلفه‌های مؤثر در امنیت غذایی

۲-۵-۱- ضریب خودکفایی محصولات غذایی

یکی از شاخص‌های مهم سنجش امنیت غذایی در سطح کلان ضریب خودکفایی محصولات غذایی یا به عبارتی دیگر درجه تأمین نیازهای غذایی اساسی کشور از منابع تولید داخل است. اگرچه خودکفایی کشور در زمینه‌ی محصولات اساسی غذایی لزوماً به منزله‌ی امنیت غذایی پایدار (از منظر دسترسی به مواد غذایی) نیست، اما افزایش عرضه‌ی مواد غذایی و تقویت ضریب خودکفایی کشور در گسترش دسترسی به مواد غذایی، کاهش قیمت مواد غذایی و در نهایت دستیابی گروه‌های محروم و اقشار آسیب‌پذیر و کم‌درآمدتر روستایی به مواد غذایی، بسیار مؤثر است.

از طرف دیگر، افزایش ضریب خودکفایی کشور علاوه بر این که در افزایش وجهه بین‌المللی نظام سیاسی کشور و گسترش اقتدار و مشروعیت آن بسیار مؤثر است، به طور تلویحی بر بهبود بهره‌وری کشاورزی، کارایی سرمایه و نیروی کار در بخش کشاورزی، اثربخشی سیاست‌های دولت، توسعه‌ی روستایی، پژوهش و توسعه‌ی کشاورزی نیز دلالت دارد. این مجموعه عوامل به افزایش رشد اقتصادی کشور، صرفه‌جویی در هزینه‌های ارزی، کاهش وابستگی و در نتیجه تقویت امنیت ملی می‌انجامد.

ضریب خوداتکایی کشور در مورد بیشتر محصولات غذایی از جمله گوشت مرغ، گوشت قرمز، تخم‌مرغ، لبنیات، ماهی، سیب‌زمینی، حبوبات و... تا سال ۱۳۸۰ در وضعیت بسیار خوبی قرار داشت. ولی از این سال تاکنون سیر نزولی داشته‌است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۵-۲- دسترسی به غذا

بدون تردید یکی از مؤلفه‌های اصلی امنیت غذایی، دسترسی مردم به غذای کافی است. در این مؤلفه، نگاه‌ها از سطح کلان و ملی به سطح خرد (فرد و خانوار) معطوف می‌شود. نکته‌ی مهم در تعریف امنیت غذایی در حوزه‌ی دسترسی، علاوه بر دسترسی به غذا در تمام زمان‌ها برای تمام افراد، این است که دسترسی صرفاً نه به‌منظور ادامه حیات بلکه به هدف ایجاد بستر مشارکتی فعال و پویا در جامعه است. بی شک عواملی نظیر نرخ تورم بالا، نرخ بالای بیکاری، درصد بالای جمعیت زیر خط فقر، توزیع نامتعادل درآمد، قیمت بالای برخی مواد غذایی و... دسترسی افراد و خانواده‌ها را به مواد غذایی در کشور به مخاطره می‌اندازد. عوامل فوق در کنار نارسایی‌های موجود در سیستم حمل‌ونقل کشور، کارایی پایین شبکه‌ی توزیع، ضعیف‌بودن نظام کنترل کیفیت و استانداردهای غذایی، عدم رعایت برچسب‌زنی توسط بسیاری از عرضه‌کنندگان و... دسترسی مردم را به غذا با مشکل مواجه خواهد کرد.

مطالعه‌ی وضعیت ناامنی غذایی در استان‌های کشور که در سال ۱۳۹۰ منتشر شد، حاکی از آن است که نیمی از استان‌های کشور در طیف نسبتاً ناامن تا بسیار ناامن غذایی قرار دارند. یکی از روش‌های ارتقای شاخص خانواری امنیت غذایی، سیاست حمایت یارانه‌ای است. این عمل در مجموع موفق بوده است، لکن به دلیل هدف‌گذاری نامساعد از کارایی لازم برخوردار نبوده و پس از گذشت مدتی اثر آن کم‌رنگ شد. شکل زیر نشانگر شاخص خانواری امنیت غذایی در ادوار متفاوت کشور است.



شکل (۳-۲) شاخص خانواری امنیت غذایی در سال‌های متفاوت

۳-۵-۲- استفاده از غذا

ارزیابی تغذیه در سفره مردم کشور نشان می‌دهد که عرضه‌ی غذا در کشور از نظر کمی پاسخگوی نیازهای مصرف است؛ ولی ترکیب سفره آنان تناسبی با نیازهای متابولیک ندارد. مسلماً عدم تعادل در الگوی تغذیه، گذشته از نارسایی‌ها و اختلالات در بدن فرد، کارایی مشارکت و بشاشیت اجتماعی آن‌ها را نیز می‌کاهد. ازاین‌رو اصلاح الگوی تغذیه‌ی کشور از طریق گسترش برنامه‌های آموزشی تغذیه و ارتقا آگاهی‌های تغذیه‌ای باتکیه‌بر تغذیه‌ی زنان، دارای اهمیت زیادی است.

https://heiatelmi.ir

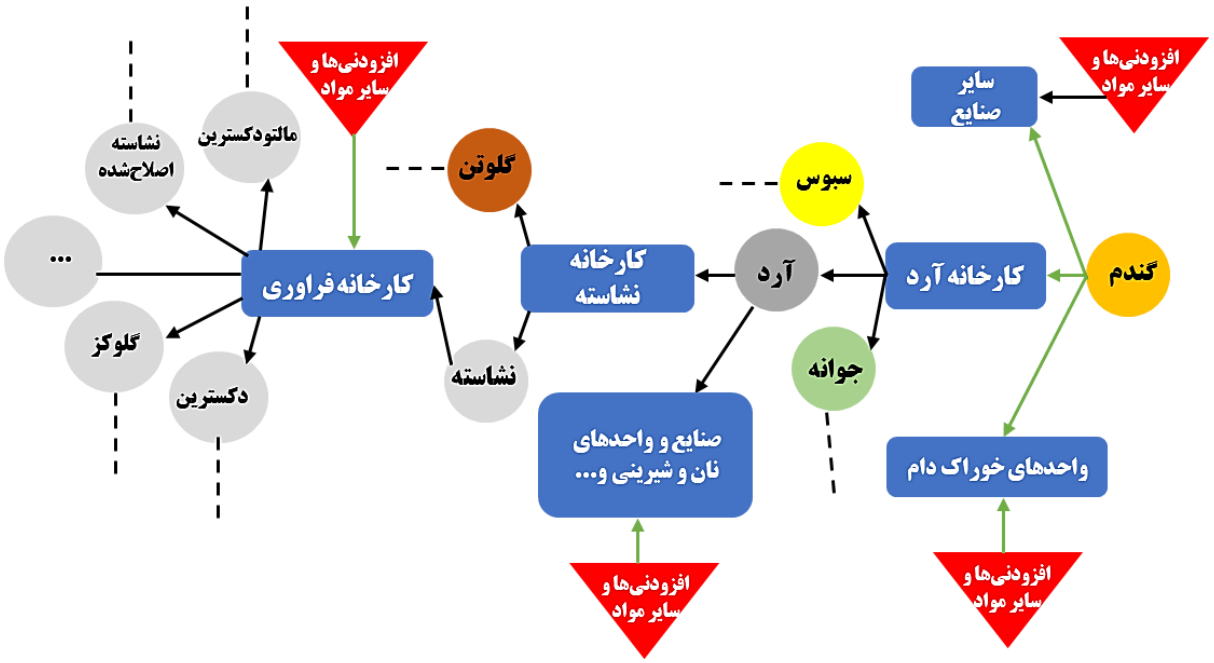
وب سایت هیات علمی

وضـعیت امنیت غذایی در کشـور نشـان می‌دهد که تهدیدها و فرصـت‌هایی دررابطه‌با امنیت غذایی کشـور در هر سـه مؤلفهٔ "موجودی غذا"، "دسـترسـی به غذا" و "اسـتفاده از غذا" وجود دارد. شـواهد نشـان می‌دهد که مقادیر فعلی عرضـه سـرانه مواد غذایی با سـطح مطلوب فاصـله دارد. وزارت جهاد کشـاورزی در راسـتای تعدیل و رفع نارسـایی‌های الگوی فعلی، عرضـه‌ی مواد غذایی الگویی برای سـال ۱۴۰۰ را طراحی کرده اسـت. طبق محاسـبات صـورت‌گرفته در سـال ۱۴۰۰ جهت تأمین مطلوب نیازهای تغذیه‌ای، بخش کشـاورزی (با/بدون صـادرات) باید عرضـه‌کننده ۱۶.۵ میلیون تن گندم، ۵.۲ میلیون تن شـلتوک، ۲.۱ میلیون تن قند و شـکر، ۴.۷ میلیون تن سـیب‌زمینی، ۴ میلیون تن انواع گوشـت و تخم‌مرغ و ۱۲ میلیون تن شـیر باشـد. اعداد ذکر شـــده فارغ از نهاده‌های موردنیاز برای خوراک دام، طیور و آبزیان اســـت. برای تأمین خوراک موردنیاز دام، طیور و آبزیان جهت تولید گوشت، تخم‌مرغ و شیر، نیازمند ۹.۲ میلیون تن ذرت دامی، ۶.۱ میلیون تن جو دامی و ۴ میلیون تن کنجالهٔ سویا هستیم. همچنین سایر افزودنی‌های خوراک دام، طیور و آبزیان، افزودنی‌های صنایع غذایی، و... نیز باید در این آمار دیده شود. به‌عنوان‌مثال در موردبحث گندم ۱۴.۵ میلیون تن و ذرت دانه‌ای ۷.۷ میلیون تن اشـاره شـده اسـت. تنها ۲٪ از آمار گندم ارائه شده جهت سایر صنایع (ماکارونی) غیر از نان و خوراک دام در نظر گرفته شده است و تمام ذرت دانه برای خوراک دام در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است در حال حاضر بیش از ۱ میلیون تن نشاسته گندم و ذرت و بیش از ۶۰۰ هزار تن قندهای حاصـله از نشـاسـته‌ی گندم و ذرت نظیر گلوکز، دکسـتروز و فروکتوز در کشـور تولید و مصـرف دارد و قریب به ۱۱هزار تن مشـتقات نشاسـته نظیر دکسـترین و نشاسـته‌های اصلاح‌شده به ارزش بیش از ۱۵ میلیون دلار جهت تأمین نیاز صـنایع کشـور وارد می‌شود. سـایر مشـتقاتی که با فراورده‌ها و مشـتقات گندم و ذرت (هم دانه و هم سـایر اجزا) که هم‌اکنون وارد می‌شـود که برخی از آن‌ها در تأمین خوراک دام و کشـاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد (نظیر گلوتن، اینوزیتول، سـوربیتول، و ...) در نگاه مذکور دیده نشـده اسـت. با محوریت نگاه خودکفایی لازم اسـت نیازمندی‌ها به‌صـورت زنجیره ارزش دیده شـود و نه تنها تأمین غذای مردم به تنهایی. در نگاه زنجیره‌ی ارزشـی، تأمین غذا بخشـی از ظرفیت نیاز اسـت ولی تنها رکن نیسـت. چرا که بسـیاری از مشـتقات حاصـله از زیست‌توده علاوه بر اشـتغالی که در کشـور به‌صـورت فعال دارد، صـنایع مهمی را نظیر پالایشـگاه (فورفورال حاصله از باگاس)، نشاسته‌های اصلاح شده مورد استفاده در گل حفاری صنعت نفت و معدن، گلوکونیک اسید (حاصله از گلوکز ذرت و گندم در صـنعت بتن، و ...)، تولید پنی‌سـیلین (از دکسـتروز ذرت و گندم)، اتانول طبی بیمارسـتان (حاصـله از ملاس چغندر و نیشکر) و... را پوشش می‌دهد و در صورت عدم تأمین به‌صورت پایدار در شرایط خاص ضربات جبران‌ناپذیری به کشور می‌زند که ضرر آن کمتر از عدم تأمین غذا نخواهد بود.

در شکل زیر سعی شده است مصداقی از نگاه زنجیره‌ی ارزش را نشان دهد. در این نگاه جهت تعیین نیازمندی تولید مواد اولیه (در این مثال گندم)، علاوه بر نگاه به‌تمامی نیازمندی‌ها (در تمامی حوزه‌های غذا و سـایر صـنایع)، دو ویژگی دیگر نیز دارد. ۱) مقاطع خلأ مدیریت صحیح و امکان ارزش‌افزایی شناسایی می‌شود (نقطه‌چین‌ها) و ۲) سایر مواد اولیه‌ی موردنیاز در زنجیره که ممکن است استراتژیک نیز باشد دیده نشده‌اند و شناسایی می‌شود (مثلث قرمز). به‌عنوان‌مثال آنزیم‌ها از افزودنی‌های اصلی و پر کاربرد و استراتژیک هستند که با رویکرد زنجیره‌ی ارزش به طور مشهود مشاهده خواهد شد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴-۲) زنجیره ارزش گندم در کشور

۶-۲- نقش بیوتکنولوژی صنعتی در امنیت غذایی کشور

امروزه خطراتی که امنیت و رفاه جوامع بشری را تهدید می‌کند، تنها خطراتی چون برخوردهای بین‌المللی و تجاوز به وسیله یک قدرت خارجی نیست، بلکه بی‌ثباتی‌های اقتصادی، اکولوژیک، اجتماعی و به خصوص پدیده ناامنی غذایی نیز جزئی از این خطرات به حساب می‌آیند. ناامنی غذایی از جمله عواملی است که توانایی به خطر انداختن ارزش‌های حیاتی و در نتیجه امنیت ملی یک کشور را دارد. امنیت غذایی نوعی سیاست امنیت ملی است که کم و کیف آن، مقدار عرضه و کیفیت کالای عمومی، امنیت ملی را در هر کشور تعیین می‌کند. عرضه یک سطح بهینه از امنیت ملی، لازمه تدارک سطح بهینه امنیت غذایی است. تاریخ روابط بین کشورها نشان می‌دهد که کشورهای قدرتمند در بیشتر موارد از مواد غذایی به عنوان سلاحی سیاسی علیه کشورهای جهان سوم بهره گرفته‌اند. تجربه کشورهای کمتر توسعه یافته حاکی از این است که وابستگی آن‌ها به واردات مواد غذایی از کشورهای توسعه یافته‌تر باعث ضربه پذیری سیاسی‌شان شده و امنیت ملی آن‌ها همواره از این محل در معرض تهدید بوده است. فلذا این موضوع در شرایط تحریمی فعلی کشورمان از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.

امنیت غذایی از جمله موضوعاتی بوده که در طول سه دهه گذشته بارها به عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌های امنیت ملی، مورد تاکید رهبر انقلاب (مد ظله العالی) قرار گرفته است. تاکید مقام معظم رهبری بر اهمیت امنیت غذایی و عدم وابستگی غذایی به خارج از کشور مربوط به سال‌های اخیر نیست و این امر از ابتدای رهبری ایشان تاکنون در برهه‌های مختلف، جایگاه ویژه‌ای در بیاناتشان داشته است. برای مثال، ایشان در تاریخ ۱۴/۰۴/۱۳۶۸ در مراسم بیعت اصناف و روستاییان بیان کردند:

«اگر بخواهیم کشورمان به طور نسبی به استغنا و خودکفایی و بی‌نیازی از دیگران نایل شود، باید در روستاها سرمایه‌گذاری کنیم و زحمت بکشیم. پایه اول خودکفایی، خودکفایی در امور تغذیه مردم است.»

هم چنین ایشان در در دیدار با رئیس جمهور و اعضای هیئت دولت در تاریخ ۰۸/۰۶/۱۴۰۱ فرمودند:

https://heiatelmi.ir

«در مسئله کشاورزی، مسئله امنیت غذایی خیلی اهمیت دارد. حالا اوضاع امروز دنیا را نگاه کنید؛ یک گوشه دنیا یک جنگی اتفاق افتاده و مسئله امنیت غذایی برای همه دنیا مطرح شده؛ یعنی مسئله امنیت غذایی این‌قدر مهم است. ما که راجع به خودکفایی گندم، خودکفایی ذرت، خودکفایی نهاده‌های دامی همیشه تأکید می‌کردیم، بعضی‌ها بودند به عنوان متخصص، به عنوان کارشناس که می‌گفتند باید رفت دنبال صنعت؛ خب بله، ما که با صنعت مخالف نیستیم، ما بیشتر از بعضی‌های دیگر دنبال این بودیم که صنعت کشور پیش برود، منتها مسئله امنیت غذایی مسئله درجه یک است؛ نباید از آن غفلت کرد. و ببینید امروز در دنیا دیگر کاملاً واضح است که چقدر مهم است.»

بدلیل وجود این رابطه مهم و تنگاتنگ، ارتقاء سطح امنیت غذایی و امنیت ملی در قانون اساسی، قوانین و سیاست‌های کلی برنامه دوم، سوم و چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران، در افق سال ۱۴۰۴ هجری شمسی، مورد توجه خاص و ویژه قرار گرفته است.

امنیت غذایی با ابعاد اقتصادی و منابع انسانی امنیت ملی، رابطه مستقیم و با ابعاد سیاسی اجتماعی، دفاعی نظامی و فرهنگی -علمی و فناوری آن، رابطه غیر مستقیم دارد. با عنایت به این موضوع، در سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری، نزدیک ۸ بند از ۲۴ بند آن بخش کشاورزی را شامل می‌شود و بند هفت آن، بر تأمین امنیت غذایی و ایجاد راهبردی با تأکید بر افزایش کمی و کیفی تولید صراحت دارد.

هم چنین در سند ملی دانش بنیان امنیت غذایی، ماده ۶ (اقدامات ملی مرتبط با امنیت غذایی) ذیل بخش اقدامات ملی مرتبط با رکن "فراهمی غذا" موارد زیر بیان شده است:

- بند ۸: حمایت از سرمایه گذاری، انتقال دانش و فناوری، ارتقای بهره وری، ارزش افزایی، ایجاد و تکمیل زنجیره ارزش آبزیان پرورشی مبتنی بر آمایش سرزمین: شامل: الف- نظام تأمین تخم چشم زده، بچه ماهی (با اولویت تولیدSRF+SRP) و بچه میگو، ب - آبزیان و تنوع بخشی به گونه‌های با عملکرد بالا و زودبازده و معرفی گونه‌های جدید، ج- تأمین خوراک آبزیان، د- توسعه مکانیزاسیون و حمل و نقل، ه- توسعه سردخانه‌ها، صنایع تبدیلی و تکمیلی، بسته بندی و کاهش تلفات و ضایعات، و- توسعه زیرساخت‌های لازم برای صادرات
- بند ۱۴: استفاده از سایر منابع علوفه‌ای (منابع علوفه‌ای جدید، بقایا، تلفات و ضایعات محصولات) برای تولید گوشت قرمز
- بند ۱۷: ارزش افزایی محصولات جانبی کشتار دام و طیور و کاهش ضایعات و پسماندها
- بند۱۸: توسعه و تقویت صنایع جانبی و پشتیبان زنجیره ارزش تولید مرغ و تخم مرغ
- بند۲۲: بهبود مدیریت باغ‌ها ازنظر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تغذیه، آبیاری، مکانیزاسیون و برداشت با تأکید بر بهره گیری از دانش و فناوری‌های نوین، افزایش عملکرد، بهره وری آب، ارتقاء کیفیت، سلامت و بازارپسندی محصولات باغی
- بند۲۶: ایجاد و تکمیل زنجیره تولید و ارزش صنعت شیر و فراورده‌های لبنی با محوریت تشکل‌های منطقه‌ای و شرکت‌های دانش بنیان
- بند ۳۵: استفاده از ظرفیت فرآوری بقایای محصولات و ضایعات، محصولات جدید (جلبک‌ها و حشرات) و سایر دانه‌ها (مانند ارزن، سورگوم، تریتیکاله و...) برای جایگزینی بخشی از خوراک دام و طیور
- بند ۴۳: حمایت از شرکت‌های دانش بنیان به منظور بومی سازی تولید و ارتقای کیفیت انواع کودهای

وب سایت هیات علمی

کشاورزی و محرک رشد گیاهی از طریق توسعه دانش فنی یا انتقال فناوری

- بند۴۴: بهبود روش‌های مصرف کودهای آلی و زیستی و محرکهای رشد
- بند ۴۵: شناسایی و تأمین مواد اولیه موردنیاز تولید کود و محرکهای رشد به منظور کاهش وابستگی به واردات کود و محرکهای رشد
- بند ۴۸: توسعه و ترویج روش‌های غیرشیمیایی و تلفیقی در مدیریت آفات
- بند ۵۱: حمایت از تولید و مصرف آفتکش ها و کودهای کم خطر زیستی به منظور افزایش کیفیت، ارتقاء شاخص‌های سلامت محصول و تولید محصولات گواهی شده در گلخانه و فضای باز
- بند ۵۶: کاهش وابستگی به واردات مواد اولیه تولید دارو، سموم، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و دیگر ریزمغذی‌ها از طریق ارتقای توان تولیدکنندگان داخلی
- بند ۵۸: تولید مکمل‌های خوراک دام، طیور و آبزیان مبتنی بر ظرفیت داخل با حمایت از شرکت‌های دانش بنیان بخش خصوصی
- بند ۶۴: استفاده حداکثری از ظرفیت صندوق توسعه ملی برای افزایش سرمایه گذاری در بخش از طریق ارائه طرح‌های سرمایه گذاری زیرساختی و بزرگ مقیاس دارای توجیه اقتصادی
- بند ۸۴: حمایت از افزایش تحقیق و توسعه و تجاریسازی فناوری در بخش خصوصی، شرکت‌های دانش بنیان و استارتاپ‌ها، پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد، از طریق خرید تضمینی فناوری‌ها و محصولات راهبردی و موردنیاز بخش
- بند ۸۶: پوشش ریسک استفاده آزمایشی (پایلوت) از فناوری‌های نوین در واحدهای منتخب و تسهیل به کارگیری موارد اثبات شده توسط بهره برداران از طریق ایجاد و توسعه صندوق‌های پژوهش و فناوری تخصصی، صندوق‌های سرمایه گذاری خطرپذیر (VC) صندوق‌های خطرپذیر شرکتی ((CVC و صندوق‌های سرمایه گذاری بورسی ((PE در حوزه دانش بنیان امنیت غذایی
- بد ۹۳۶: بهره برداری از ظرفیت تولید گیاهان آبزی و جلبک‌ها
- بند ۹۴: امکان سازی تولید گوشت مصنوعی، تولید پروتئین‌های میکروبی، شبه کازئین‌های میکروبی) جایگزین لبنیات و غیره (با رعایت ملاحظات مربوط به سلامت غذا و محیط زیست)
- بند ۹۷: مدیریت و سیاست گذاری یکپارچه در صنایع تبدیلی و تکمیلی به منظور تدوین نقشه راه توسعه صنایع غذایی متناسب با نیاز و رعایت اصول آمایش سرزمین، ساماندهی و توسعه واحدهای فرآوری و بسته بندی پیشرفته و تعیین و تکلیف طرح‌های نیمه تمام، با هدف کاهش سهم خام فروشی محصولات کشاورزی
- بند ۱۰۰: حمایت از توسعه فناوری نوین به منظور تولید و استفاده از مواد افزودنی مفید و بی خطر و کاهش مواد مضر و آلاینده‌های ناشی از فرآوری
- بند ۱۰۹: تعیین نقاط بحرانی، ارزش افزایی و تولید فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا از بقایا، تلفات و ضایعات از طریق ایجاد نظام جامع اطلاعاتی هوشمند
- بند ۱۱۰: مدیریت یکپارچه بقایا، تلفات و ضایعات محصولات کشاورزی و غذا و ارائه گزارش سالانه از میزان کاهش بقایا، تلفات و ضایعات توسط نهاد متولی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- بند ۱۱۱: استفاده از ظرفیت شرکت‌های دانش بنیان و فناور به منظور کمک به مدیریت ضایعات و پسماند
- بند ۱۳۵: توسعه سکوهای (پلتفرم‌های) مدیریت زنجیره تأمین برای جمع آوری، درجه بندی، بسته بندی، برچسب گذاری، بهبود حمل و نقل، انبارداری، ایجاد صنایع تبدیلی و تکمیلی با هدف ارزش افزایی و ارتقاء کیفیت، سلامت و بازارپسندی و کاهش تلفات و ضایعات محصولات کشاورزی
- بند ۱۳۶: حمایت از شکل گیری و تکمیل زنجیره‌های ارزش در حوزه‌های مختلف بخش کشاورزی
- بند ۲۱۸: شناسایی و احیاء دانش‌های بومی و میراث غنی کشاورزی ایران و تلفیق آنها با دانش‌های نوین به منظور توسعه کشاورزی، روستایی و عشایری و توسعه زنجیره ارزش
- بند ۲۱۹: آینده پژوهی و رصد تغییرات جمعیتی و برآورد نیازهای تغذیه‌ای جامعه‌ی ایرانی مرتبط با این تغییرات

توسعه بیوتکنولوژی صنعتی در ایران می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای تقویت امنیت غذایی، کاهش وابستگی به واردات، و ایجاد صنایع پایدار در کشور عمل کند. خرید و انتقال فناوری‌های نوین، تکمیل زنجیره ارزش، و توسعه پالایشگاه‌های زیستی، از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند به دستیابی به این اهداف کمک کنند. با توجه به ظرفیت‌های طبیعی و انسانی کشور، ایران می‌تواند از پتانسیل‌های بیوتکنولوژی برای رشد اقتصادی و حفظ منابع طبیعی خود بهره‌برداری کند. این فناوری‌ها به ویژه در شرایط فعلی که ایران با بحران‌های اقتصادی و زیست‌محیطی روبرو است، می‌توانند به‌طور چشمگیری در بهبود شرایط زندگی مردم و تقویت اقتصاد کشور تأثیرگذار باشند..

توسعه صنایع بیوتکنولوژی در ایران می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر امنیت غذایی کشور داشته باشد. به‌ویژه با توجه به تحریم‌ها و چالش‌های اقتصادی که ایران با آن‌ها روبروست، سرمایه‌گذاری در صنایع بیوتکنولوژی می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات و تأمین نیازهای داخلی کمک کند. به‌عنوان مثال، با استفاده از فناوری‌های بیوتکنولوژی، می‌توان تولیدات داخلی در زمینه‌های کشاورزی، دارویی، و انرژی را افزایش داد. در این راستا، ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان، استارتاپ‌ها، و پارک‌های فناوری می‌تواند زمینه‌ساز نوآوری و رشد پایدار در صنایع بیوتکنولوژی باشد. با تقویت این صنایع، ایران می‌تواند به یکی از قطب‌های تولید فناوری‌های نوین در منطقه تبدیل شود و این امر می‌تواند در بلندمدت به رشد اقتصادی کشور و بهبود امنیت غذایی کمک کند.

تکمیل زنجیره ارزش بیوتکنولوژی در ایران به معنای بهره‌برداری بهینه از تمامی مراحل تولید، از تحقیق و توسعه تا تولید و فرآوری نهایی محصولات است. در این زمینه، توجه به محیط‌زیست و استفاده از ضایعات می‌تواند نقش اساسی در توسعه پایدار ایفا کند. ایران با داشتن منابع کشاورزی و صنعتی گسترده، تولید ضایعات زیادی دارد که می‌توان از آن‌ها برای تولید محصولات بیوتکنولوژیکی نظیر سوخت‌های زیستی، بیوپلاستیک‌ها، و کودهای زیستی استفاده کرد. به‌ویژه ضایعات کشاورزی مانند ساقه‌های برنج، پوست دانه‌ها، و سایر مواد اضافی می‌توانند به‌عنوان منابع اولیه برای صنایع بیوتکنولوژی به کار روند. این فرآیند نه‌تنها به کاهش آلودگی کمک می‌کند، بلکه از ضایعات به‌طور مؤثر استفاده شده و باعث تولید محصولات پایدار و مفید می‌شود. همچنین، استفاده از این ضایعات در فرآیندهای بیوتکنولوژیکی می‌تواند به بهبود شرایط محیطی و ارتقاء تولیدات کشاورزی کمک کند.

پالایشگاه‌های زیستی یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه بیوتکنولوژی در ایران هستند که می‌توانند به تولید سوخت‌های زیستی و سایر مواد شیمیایی مورد نیاز کشور کمک کنند. این پالایشگاه‌ها قادرند با استفاده از مواد زیستی نظیر ضایعات کشاورزی، دانه‌های روغنی، و نیشکر، سوخت‌هایی نظیر اتانول و بیوپلاستیک تولید کنند. سوخت‌های زیستی تولیدی از این فرآیند

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

می‌توانند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و کاهش آلاینده‌ها کمک کنند. این تکنولوژی به‌ویژه برای کشورهایی مانند ایران که با مشکلات محیط‌زیستی و کمبود منابع انرژی روبرو هستند، یک راهکار مؤثر محسوب می‌شود. به‌ویژه تولید اتانول از نیشکر و دیگر محصولات کشاورزی می‌تواند به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی کمک کرده و زمینه‌ساز یک صنعت پایدار و سازگار با محیط‌زیست در کشور شود. پالایشگاه‌های مخمّر نیشکر از جمله نمونه‌های موفق پالایشگاه‌های زیستی هستند که می‌توانند در تولید سوخت‌های زیستی از جمله اتانول، الکل‌های صنعتی و محصولات جانبی نظیر بیوپلاستیک‌ها نقش کلیدی داشته باشند. نیشکر، که یکی از محصولات کشاورزی عمده در ایران است، می‌تواند به‌طور مؤثر در فرآیندهای پالایشگاهی برای تولید سوخت‌های زیستی و کاهش آلاینده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. توسعه این نوع پالایشگاه‌ها می‌تواند نه‌تنها به تأمین انرژی کمک کند بلکه به صادرات سوخت‌های زیستی و ایجاد اشتغال نیز منجر شود. از این‌رو، سرمایه‌گذاری در این بخش می‌تواند به یکی از عوامل مهم برای رشد پایدار در ایران تبدیل شود.

تکمیل زنجیره ارزش در بخش پالایشگاه‌های زیستی شامل تمامی مراحل از تأمین مواد اولیه تا تولید سوخت‌های زیستی، بیوپلاستیک‌ها، و مواد شیمیایی است. در ایران، استفاده از منابع داخلی مانند نیشکر، ضایعات کشاورزی، و سایر مواد زیستی می‌تواند به تولید سوخت‌های زیستی با کیفیت بالا کمک کند. این فرآیند می‌تواند به‌طور قابل توجهی به کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی، کاهش آلودگی محیط‌زیست و بهبود امنیت انرژی کشور کمک کند. توسعه پالایشگاه‌های زیستی در ایران می‌تواند به ایجاد صنایع جدید، تولید ارزش‌افزوده و اشتغال‌زایی منجر شود. به‌ویژه در شرایط کنونی که ایران با بحران انرژی و آلودگی‌های محیطی روبرو است، استفاده از فناوری‌های بیوتکنولوژی برای تولید سوخت‌های زیستی و محصولات جانبی می‌تواند یک راهکار پایدار و مؤثر باشد.

۷-۲- بحران ارزی (ارزبری)

از منظر تاریخی، بحران‌های مالی و اقتصادی پدیده‌های جدیدی نیستند و دست کم از زمانی که تحولات پولی و مالی شروع شده‌اند وجود داشتند و از قدمت کافی برخوردار هستند. اولین بحران‌های اقتصادی به دوره‌ای برمیگردد که پادشاهان با کاهش عیار طلا یا نقرهٔ موجود در سکه‌های پولی و درنتیجه کاهش ارزش پول، کسری بودجه‌هایی را که اغلب از جنگ‌ها ناشی می‌شد تأمین مالی می‌کردند. به مرور زمان، پیشرفت‌های فناوری، مقامات دولت‌ها را از دستکاری عیار پول‌ها جهت تأمین کسری بودجه بی نیاز کرد. بعدها انواع دیگری از بحران‌ها مانند بحران تورم و بحران بدهی در برخی مناطق بروز کردند و امروزه نیز با اضافه شدن انواع متأخر آن مانند بحران‌های ارزی (پولی) و بانکی و آشفتگی‌های مالی ناشی از آنها، اقتصادهای کنونی تحت تأثیر این نوع پدیده -ها قرار گرفته‌اند. به لحاظ تعریف بحران ارزی، بحران ارزی (پولی) زمانی اتفاق می‌افتد که حملهٔ سوداگرانه به پول ملی باعث می‌شود که دولت و یا بازار، ارزش پول ملی را در برابر پول‌های خارجی کاهش دهد و/یا مقامات پولی را مجبور کند که جهت حفظ ارزش پول ملی، مقدار قابل توجهی از ذخایر ارزی را به بازار تزریق کرده و/یا نرخ‌های بهره را به مقدار زیادی افزایش دهند. به بحران پولی، "بحران نرخ ارز" نیز اطلاق می‌شود. به لحاظ معیارکمّی نیز بحران پولی در سالی اتفاق می‌افتد که در آن ارزش پول ملی، بیش از ۲۵ درصد افت می‌کند که این کاهش ارزش حداقل ۱۰ درصد از کاهش ارزش سال قبل بیشتر است. بحران‌ها فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر منفی خود قرار داده و باعث ایجاد رکودهای سنگین می‌شوند. رکودهای حاصل از بحران‌ها اغلب بدتر از رکود یک دور تجاری عادی است. طول زمانی رکودهای حاصل از بحران‌ها بیشتر از زمان رکود در یک دور تجاری عادی است. مثلاً اگر رکود حاصل از بحران اقتصادی ۶۰ ماه طول بکشد، که در دنیای

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

واقعی بطور متوسط برای برخی از کشورها صادق است، رکودهای عادی حدود ۱۲ ماه دوام می‌آورند.

بحران ارزی یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های اقتصادی ایران در سال‌های اخیر است که از مجموعه‌ای از عوامل سیاسی، اقتصادی، داخلی و خارجی ناشی می‌شود. این بحران نه‌تنها تأثیرات منفی بر قدرت خرید و معیشت مردم داشته، بلکه بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی کشور نیز اثرات عمیقی بر جای گذاشته است. بحران ارزی ایران در چند سال گذشته به دلایل مختلف ایجاد شده که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

۱. تحریم‌های اقتصادی: تحریم‌های بین‌المللی به‌ویژه در بخش نفت و بانک‌ها، یکی از مهم‌ترین دلایل بحران ارزی ایران بوده است. این تحریم‌ها باعث کاهش درآمدهای ارزی از طریق صادرات نفت، محدود شدن روابط مالی و بانکی با جهان، و همچنین کاهش دسترسی ایران به منابع مالی خارجی شده‌اند. تحریم‌ها، به‌ویژه پس از خروج ایالات متحده از برجام و اعمال مجدد تحریم‌های یکجانبه، تأثیرات جدی بر وضعیت ارزی ایران داشته است.

۲. سیاست‌های اقتصادی داخلی و نوسانات نرخ ارز: سیاست‌های نادرست اقتصادی داخلی نظیر تخصیص نادرست ارز دولتی، افزایش نقدینگی، و مدیریت ناکارآمد منابع ارزی، به شدت بحران ارزی را تشدید کرده است. تخصیص ارز به برخی کالاهای غیرضروری، سوءاستفاده از ارز دولتی و فساد در سیستم‌های توزیع ارز، باعث هدررفت منابع ارزی و کاهش اعتماد مردم به سیاست‌های اقتصادی کشور شده است.

۳. کاهش صادرات نفت و وابستگی به واردات: یکی از دیگر دلایل بحران ارزی، کاهش شدید صادرات نفت به دلیل تحریم‌ها و کاهش قیمت نفت در بازارهای جهانی است. ایران که بخش عمده‌ای از منابع ارزی خود را از صادرات نفت تأمین می‌کند، با کاهش درآمدهای ارزی ناشی از کاهش صادرات نفت، مواجه شده است. این امر موجب فشار بر منابع ارزی کشور و نوسانات شدید در بازار ارز شده است.

۴. عدم تنوع منابع ارزی: ایران به‌طور عمده به درآمدهای نفتی وابسته است و تنوع منابع ارزی محدودی دارد. این وابستگی به منابع ارزی محدود باعث آسیب‌پذیری بیشتر در برابر بحران‌ها و نوسانات جهانی شده است.

بحران ارزی بر صنعت کشور به‌شدت تأثیر گذاشته است. به دلیل نوسانات شدید نرخ ارز، هزینه‌های تولید صنایع داخلی افزایش یافته و این امر به کاهش رقابت‌پذیری محصولات ایرانی در بازارهای داخلی و خارجی منجر شده است. بسیاری از صنایع ایران برای تأمین مواد اولیه و تجهیزات خود به واردات وابسته هستند. نوسانات ارزی باعث افزایش هزینه واردات این مواد شده و در نتیجه تولیدات داخلی با کاهش بهره‌وری مواجه می‌شوند. همچنین، افزایش قیمت مواد اولیه و کالاهای وارداتی به کاهش تولید و تعطیلی برخی از کارخانه‌ها و واحدهای تولیدی انجامیده است.

یکی از پیامدهای اصلی بحران ارزی، ایجاد تورم بالا در کشور است. افزایش قیمت ارز موجب افزایش قیمت واردات کالاهای اساسی و محصولات مصرفی می‌شود. این امر باعث رشد سریع‌تر تورم و افزایش هزینه‌های زندگی برای مردم شده است. در نتیجه، تورم به‌ویژه در بخش‌هایی نظیر مواد غذایی، دارو، مسکن و حمل‌ونقل به شدت افزایش یافته است. همچنین، نوسانات ارزی باعث کاهش قدرت خرید مردم و فشار بر اقشار متوسط و کم‌درآمد جامعه شده است. در این وضعیت، بسیاری از مردم با مشکلات مالی و کاهش استانداردهای زندگی مواجه شده‌اند.

بحران ارزی بر معیشت مردم اثرات منفی زیادی داشته است. افزایش قیمت کالاهای اساسی، دارو، و خدمات ضروری باعث

https://heiatelmi.ir

شـده که قدرت خرید مردم به شـدت کاهش یابد. خانوارهای ایرانی برای تأمین نیازهای اولیه خود با مشـکلات بیشـتری روبرو هسـتند و بسـیاری از اقشـار متوسـط و کم‌درآمد به پایین‌ترین سـطوح زندگی دچار شـده‌اند. این وضـعیت باعث گسـترش فقر و نارضـایتی‌های اجتماعی شـده اسـت. به‌ویژه، افزایش هزینه‌های مواد غذایی و مسـکن به کاهش کیفیت زندگی مردم و افزایش نابرابری‌های اجتماعی انجامیده است.

بحران ارزی و نوسـانات آن بر امنیت غذایی کشـور نیز تأثیرات منفی گذاشـته اسـت. ایران به دلیل وابسـتگی به واردات کالاهای اسـاسـی مانند گندم، دانه‌های روغنی، برنج و داروهای مورد نیاز بخش کشـاورزی، با مشـکلاتی در تأمین این کالاها مواجه شـده اسـت. نوسـانات ارزی و افزایش قیمت واردات، تأمین این کالاها را دشـوارتر کرده و به افزایش قیمت مواد غذایی در داخل کشـور منجر شـده اسـت. این امر به‌ویژه برای اقشـار کم‌درآمد و آسـیب‌پذیر مشـکلات جدی ایجاد کرده اسـت. علاوه بر این، بحران ارزی باعث کاهش توان تولید داخلی در بخش کشـاورزی نیز شـده اسـت، زیرا بسـیاری از تولیدکنندگان کشـاورزی برای تأمین نهاده‌ها و تجهیزات خود به واردات وابسته هستند.

نوسانات ارزی و بحران‌های اقتصادی باعث کاهش رقابت‌پذیری محصولات ایرانی در بازارهای جهانی شده است. در شرایطی که نرخ ارز به شـدت افزایش می‌یابد، محصـولات ایرانی برای خریداران خارجی گران‌تر می‌شـوند و این امر موجب کاهش صـادرات کشور می‌شود. کاهش صادرات به کاهش درآمدهای ارزی و فشار بیشتر بر بازار ارز منجر می‌شود، که این امر وضعیت اقتصادی کشور را به‌ویژه در زمینه تأمین نیازهای ارزی پیچیده‌تر می‌کند.

بحران ارزی همچنین بر جذب سـرمایه‌های خارجی تأثیر منفی گذاشـته اسـت. سـرمایه‌گذاران خارجی به دلیل نوسـانات شـدید ارز، کاهش ارزش ریال و وضعیت اقتصادی نامطمئن، از ورود به بازار ایران خودداری می‌کنند. این کاهش سرمایه‌گذاری خارجی باعث کندی رشد اقتصادی، کاهش اشتغال و بهبود زیرساخت‌های صنعتی و اقتصادی کشور شده است.

یکی از راهکارهای مهم و کارآمد برای کاهش فشـارهای ارزی و بهبود وضـعیت اقتصـادی کشـور، توسـعه بیوتکنولوژی صـنعتی اسـت. بیوتکنولوژی صـنعتی، به‌ویژه در بخش‌های کشـاورزی، صـنایع غذایی، دارویی و انرژی، می‌تواند نقش مهمی در کاهش وابسـتگی به واردات و تأمین منابع داخلی ایفا کند. در این راسـتا، توسـعه بیوتکنولوژی صـنعتی می‌تواند از جنبه‌های مختلف به کاهش بحران ارزی کمک کند.

یکی از چالش‌های اصـلی بحران ارزی ایران، وابسـتگی بالای کشـور به واردات مواد اولیه برای صـنایع مختلف اسـت. صـنایع کشـاورزی، داروسـازی و غذایی به‌طور عمده به واردات نهاده‌ها و مواد اولیه وابسـته هسـتند. بیوتکنولوژی صـنعتی می‌تواند با بومی‌سـازی تولیدات، این وابسـتگی را کاهش دهد. به‌ویژه در بخش کشـاورزی، اسـتفاده از فناوری‌های بیوتکنولوژیکی می‌تواند تولیدات داخلی را افزایش دهد و به کاهش واردات محصـولات اسـاسـی مانند دانه‌های روغنی، کودهای شـیمیایی و بذرهای اصلاح‌شده کمک کند. اصلاح ژنتیکی گیاهان، تولید کودهای زیسـتی و اسـتفاده از میکروارگانیسم‌های مفید می‌تواند به بهبود عملکرد کشـاورزی و کاهش نیاز به واردات کمک کند. این امر در نهایت منجر به کاهش ارزبری و فشـار بر منابع ارزی کشـور می‌شود.

یکی از صنایع کلیدی که می‌تواند از بیوتکنولوژی صنعتی بهره‌برداری کند، صنعت سوخت‌های زیستی است. با توجه به بحران ارزی و وابسـتگی ایران به سـوخت‌های فسـیلی، تولید سـوخت‌های زیسـتی از منابع داخلی نظیر ضـایعات کشـاورزی، نیشـکر و دانه‌های روغنی می‌تواند به کاهش ارزبری و تأمین نیازهای داخلی کمک کند. پالایشـگاه‌های زیسـتی که با اسـتفاده از مواد زیسـتی مانند نیشـکر، سـوخت‌های زیسـتی تولید می‌کنند، می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین برای سـوخت‌های فسـیلی اسـتفاده

وب سایت هیات علمی

شوند و از این طریق منابع ارزی کشور را حفظ کنند. علاوه بر این، تولید بیوپلاستیک‌ها و دیگر محصولات زیستی به‌عنوان جایگزین‌های پایدار برای پلاستیک‌های نفتی، می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات پلاستیک‌های سنتزی و مواد شیمیایی کمک کند.

یکی از مزایای عمده توسعه بیوتکنولوژی صنعتی، توانایی آن در افزایش صادرات غیرنفتی است. ایران برای مقابله با بحران ارزی و وابستگی به صادرات نفت، نیاز به تقویت صادرات کالاهای غیرنفتی دارد. بیوتکنولوژی صنعتی می‌تواند در این راستا به‌طور مؤثر عمل کند. تولید محصولات بیوتکنولوژیکی نظیر پروتئین‌های نوترکیب، داروهای بیولوژیک، و محصولات کشاورزی اصلاح‌شده می‌تواند فرصت‌های جدید صادراتی برای ایران فراهم کند. با استفاده از فناوری‌های پیشرفته در صنایع غذایی، دارویی، و کشاورزی، ایران می‌تواند محصولات با کیفیت بالا تولید کرده و به بازارهای جهانی صادر کند. این صادرات نه‌تنها به تقویت منابع ارزی کمک می‌کند بلکه به افزایش درآمدهای غیرنفتی نیز می‌انجامد و فشار را از روی منابع ارزی کشور کاهش می‌دهد.

در بخش دارویی، بحران ارزی به‌ویژه با افزایش قیمت واردات دارو و تجهیزات پزشکی خود را نشان داده است. بسیاری از داروهای اساسی و مواد اولیه دارویی در ایران وارد می‌شوند. بیوتکنولوژی صنعتی می‌تواند با تولید داروهای بیولوژیک، واکسن‌ها و دیگر محصولات دارویی از طریق تکنیک‌های نوین، وابستگی کشور به واردات دارو را کاهش دهد. به‌ویژه در زمینه تولید داروهای نوترکیب و بیوتکنولوژیکی، ایران می‌تواند به خودکفایی برسد و منابع ارزی را از این طریق ذخیره کند.

توسعه بیوتکنولوژی صنعتی می‌تواند به افزایش اشتغال و کاهش مهاجرت نیروی انسانی کمک کند. با ایجاد صنایع جدید در زمینه بیوتکنولوژی، فرصت‌های شغلی جدید برای متخصصان و کارگران ماهر ایجاد می‌شود. این امر می‌تواند به کاهش نرخ بیکاری و کاهش مهاجرت نیروی انسانی از کشور کمک کند. همچنین، با تأسیس و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان و استارتاپ‌های فعال در حوزه بیوتکنولوژی، ایران می‌تواند به یکی از قطب‌های نوآوری در منطقه تبدیل شود.

۸-۲- خوداتکایی در تولید محصولات استراتژیک

در چند سال اخیر و با شدت یافتن تحریم‌ها و در تنگنا قرار گرفتن کشور، واژه «اقتصاد مقاومتی» به ادبیات اقتصادی کشور اضافه و به فراخور حال و روز اقتصاد کشورمان مورد بحث قرار گرفت که این واژه نخستین بار در دیدار کارآفرینان با مقام معظم رهبری در شهریور سال ۸۹ مطرح شد. در همین دیدار مقام معظم رهبری اقتصاد مقاومتی را معنا و مفهومی از کارآفرینی معرفی و برای نیاز اساسی کشور به کارآفرینی نیز دو دلیل «فشار اقتصادی دشمنان» و «آمادگی کشور برای جهش» معرفی کردند و فرمودند: «می‌شود با اقتصاد مقاومتی به جنگ بیکاری رفت؛ می‌شود به جنگ رکود رفت؛ می‌شود گرانی را مهار کرد؛ می‌شود در مقابل تهدیدهای دشمنان ایستادگی کرد؛ می‌شود فرصت‌های بسیاری را برای کشور ایجاد کرد و از فرصت‌ها استفاده کرد؛ شرطش این است که برای اقتصاد مقاومتی کار و تلاش انجام بگیرد». به دنبال فرمایشات معظم له و بررسی وضعیت کشور، بسیاری از کارشناسان، اقتصاد مقاومتی را راهکار مناسبی برای این روزهای اقتصاد کشور از جمله جبران بدهی‌های دولت، اتکاء بودجه به نفت، بیکاری و کاهش رفاه و افت قدرت خرید مردم که با کاهش شدید قیمت نفت دو چندان شده است می‌دانند و از آنجایی که اقتصاد مقاومتی به معنی تشخیص حوزه‌های فشار و متعاقباً تلاش برای کنترل و بی‌اثر کردن آن تاثیرها است و در شرایط آرمانی تبدیل چنین فشارهایی به فرصت است به همین خاطر برای رسیدن به اقتصاد مقاومتی باید وابستگی‌های خارجی کاهش یابد و بر تولید داخلی کشور و تلاش برای خوداتکایی تأکید شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

در شرایط کنونی ایران، که تحت فشارهای اقتصادی ناشی از تحریم‌های بین‌المللی، نوسانات شدید نرخ ارز، و بحران‌های داخلی قرار دارد، اهمیت خوداتکایی در تولید محصولات استراتژیک به یک مسئله حیاتی و ضروری تبدیل شده است. خوداتکایی در محصولات استراتژیک به معنای توانایی کشور در تأمین نیازهای اساسی خود از طریق تولیدات داخلی و کاهش وابستگی به واردات است. این مسئله در بخش‌هایی نظیر کشاورزی، دارو، انرژی و صنایع دفاعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که به کشور کمک می‌کند تا در برابر بحران‌ها و تحریم‌ها مقاومت بیشتری داشته باشد و استقلال اقتصادی خود را حفظ کند.

ایران در حال حاضر با مجموعه‌ای از چالش‌های داخلی و خارجی روبرو است که بر تولید و تأمین محصولات استراتژیک تأثیرگذار است. تحریم‌های بین‌المللی، به‌ویژه در زمینه‌های نفتی و بانکی، باعث کاهش درآمدهای ارزی و محدود شدن واردات کالاهای اساسی شده است. از سوی دیگر، نوسانات شدید نرخ ارز و کاهش ارزش پول ملی باعث افزایش هزینه‌های واردات و تأمین مواد اولیه شده و فشار زیادی بر تولیدکنندگان داخلی وارد کرده است. این شرایط موجب می‌شود که کشور برای تأمین نیازهای اساسی خود به شدت به واردات وابسته باشد. بنابراین، توسعه خوداتکایی در محصولات استراتژیک می‌تواند به عنوان یک استراتژی برای مقابله با این بحران‌ها و کاهش وابستگی به منابع خارجی مطرح شود. اهمیت خوداتکایی در محصولات استراتژیک برای ایران را می‌توان در موارد زیر جستجو نمود:

۱. کاهش وابستگی به واردات و حفظ منابع ارزی: ایران برای تأمین بسیاری از محصولات اساسی خود، از جمله گندم، دانه‌های روغنی، دارو، و تجهیزات صنعتی، به واردات وابسته است. این وابستگی باعث افزایش ارزبری و فشار بر منابع ارزی کشور می‌شود. خوداتکایی در این محصولات نه‌تنها باعث کاهش وابستگی به واردات می‌شود، بلکه منابع ارزی کشور را نیز حفظ کرده و از این طریق به بهبود وضعیت اقتصادی کمک می‌کند.

۲. تقویت امنیت غذایی: یکی از اصلی‌ترین حوزه‌هایی که خوداتکایی در آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بخش کشاورزی و تأمین امنیت غذایی کشور است. ایران با توجه به محدودیت‌های منابع آبی و چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی، با بحران‌هایی در تأمین محصولات غذایی روبرو است. خوداتکایی در تولید محصولات کشاورزی می‌تواند به تأمین امنیت غذایی کشور کمک کند. به‌ویژه در شرایطی که بحران‌های اقتصادی یا تحریم‌ها باعث محدود شدن واردات کالاهای اساسی می‌شود، تولید داخلی محصولات غذایی می‌تواند به کاهش فشار بر مردم و حفظ ثبات اجتماعی کمک کند.

۳. حفظ استقلال و امنیت ملی: خوداتکایی در تولید محصولات استراتژیک نه‌تنها از جنبه اقتصادی، بلکه از منظر امنیت ملی نیز اهمیت دارد. ایران به‌عنوان کشوری که در یک منطقه پرتنش جغرافیایی قرار دارد و با تهدیدات متعدد از سوی کشورهای خارجی روبرو است، نیاز به استقلال در تأمین کالاهای حیاتی دارد. وابستگی به واردات به ویژه در شرایط تحریم یا بحران‌های جهانی می‌تواند نقاط ضعف و آسیب‌پذیری در بخش‌های مختلف کشور ایجاد کند. در نتیجه، خوداتکایی در محصولات استراتژیک به تقویت امنیت ملی و حفظ استقلال اقتصادی کمک می‌کند. این امر به‌ویژه در حوزه‌های انرژی، صنایع دفاعی، و دارویی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا تهدیدات خارجی می‌تولند تأمین این کالاها را با مشکل مواجه کند.

۴. تقویت اقتصاد دانش‌بنیان و اشتغال‌زایی: توسعه خوداتکایی در محصولات استراتژیک به رشد صنایع داخلی و ایجاد اشتغال منجر می‌شود. برای تحقق خوداتکایی در بخش‌های مختلف، نیاز به توسعه فناوری‌ها و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) است. ایجاد صنایع بومی در بخش‌های مختلف، از جمله داروسازی، کشاورزی، و فناوری‌های

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نوین، می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات و افزایش ظرفیت‌های تولید داخلی کمک کند. علاوه بر این، این امر به ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و کاهش نرخ بیکاری در کشور منجر می‌شود. به‌ویژه در شرایط کنونی که ایران با بحران بیکاری جوانان و نیروی کار متخصص روبرو است، تقویت صنایع داخلی می‌تواند راهکاری مؤثر برای اشتغال‌زایی و رشد اقتصادی باشد.

۵. مقابله با بحران‌های اقتصادی و تحریم‌ها: یکی دیگر از دلایل اهمیت خوداتکایی در محصولات استراتژیک، مقابله با بحران‌های اقتصادی و تحریم‌ها است. ایران در سال‌های اخیر با تحریم‌های اقتصادی گسترده‌ای روبرو بوده است که باعث کاهش توان اقتصادی کشور و محدود شدن دسترسی به منابع خارجی شده است. در این شرایط، خوداتکایی در محصولات استراتژیک می‌تواند به کشور این امکان را دهد که در برابر بحران‌های اقتصادی مقاوم‌تر باشد و نیازهای اساسی خود را از طریق تولیدات داخلی تأمین کند. این امر به ایران کمک می‌کند تا در صورت بروز بحران‌های اقتصادی، کمبود منابع ارزی و محدودیت‌های وارداتی را جبران کند و از تهدیدات اقتصادی خارجی به‌طور مؤثری مقابله نماید.

برای دستیابی به خوداتکایی در محصولات استراتژیک، ایران نیاز به اتخاذ یک استراتژی جامع و چندجانبه دارد. اولین گام در این مسیر، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) و استفاده از فناوری‌های نوین برای افزایش بهره‌وری در بخش‌های مختلف است. یکی از راهکارهای کلیدی برای دستیابی به خوداتکایی در محصولات استراتژیک در ایران، توسعه صنعت بیوتکنولوژی صنعتی است. این صنعت، با توجه به پتانسیل‌های گسترده‌ای که در زمینه‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، داروسازی، انرژی و محیط زیست دارد، می‌تواند به‌طور مؤثری به کاهش وابستگی به واردات، افزایش تولیدات داخلی و ارتقاء خوداتکایی در محصولات استراتژیک کمک کند.

در بخش کشاورزی، بیوتکنولوژی صنعتی می‌تواند نقش ویژه‌ای در بهبود تولیدات داخلی و افزایش خوداتکایی در محصولات استراتژیک کشاورزی ایفا کند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های ایران در زمینه محصولات استراتژیک، وابستگی به واردات دارو و مواد اولیه دارویی است.

صنعت بیوتکنولوژی می‌تواند به ایران کمک کند تا در این بخش به خودکفایی برسد. با استفاده از تکنولوژی‌های نوین بیوتکنولوژیکی، ایران قادر خواهد بود که داروهای نوترکیب، واکسن‌ها و دیگر درمان‌های بیولوژیکی را در داخل کشور تولید کند. این فناوری‌ها می‌توانند به‌ویژه در تولید داروهایی که نیاز به واردات مواد اولیه دارند، مانند انسولین، هورمون‌ها و داروهای ضد سرطان، موجب کاهش وابستگی به واردات شوند. همچنین، تولید داروهای بیولوژیک با استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید دارو و افزایش دسترسی به داروهای باکیفیت در داخل کشور کمک کند.

ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان سوخت‌های فسیلی در منطقه، وابستگی زیادی به واردات سوخت و انرژی دارد. توسعه صنعت بیوتکنولوژی صنعتی می‌تواند نقش مهمی در تولید سوخت‌های زیستی ایفا کند. به‌ویژه در بخش پالایشگاه‌های زیستی که می‌توانند سوخت‌های زیستی نظیر اتانول و بیودیزل تولید کنند، ایران می‌تواند از منابع داخلی نظیر نیشکر، دانه‌های روغنی و ضایعات کشاورزی برای تولید سوخت‌های زیستی استفاده کند. این تولیدات نه‌تنها به کاهش وابستگی به واردات سوخت‌های فسیلی کمک می‌کند، بلکه از نظر زیست‌محیطی نیز مفید است. سوخت‌های زیستی کاهش‌دهنده آلایندگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی هستند و در راستای توسعه پایدار و کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی نیز مؤثر می‌باشند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

توسعه بیوتکنولوژی صنعتی در زمینه تولید بیوپلاستیک‌ها می‌تواند یکی دیگر از راه‌های مؤثر برای کاهش وابستگی به واردات مواد اولیه و پلاستیک‌های نفتی باشد. با استفاده از زیست‌مواد و میکروارگانیسم‌های مهندسی‌شده، ایران قادر خواهد بود که بیوپلاستیک‌ها و مواد پلیمری تجدیدپذیر تولید کند. این مواد می‌توانند جایگزین پلاستیک‌های سنتزی حاصل از نفت شوند و به این ترتیب نیاز به واردات پلاستیک‌های نفتی و مواد شیمیایی را کاهش دهند. تولید بیوپلاستیک‌ها می‌تواند علاوه بر کاهش ارزبری، در حفاظت از محیط‌زیست نیز نقش مهمی ایفا کند. این روند به ویژه در شرایطی که کشورهای مختلف در حال توسعه فناوری‌های پایدار هستند، به‌عنوان یک فرصت اقتصادی جدید برای ایران مطرح است.

صنعت بیوتکنولوژی همچنین می‌تواند در صنایع غذایی نقش قابل توجهی داشته باشد. تولید محصولات غذایی با استفاده از فرآیندهای بیوتکنولوژیکی نظیر تخمیر، تولید افزودنی‌ها، و استفاده از پروتئین‌های نوترکیب می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات مواد غذایی و بهبود کیفیت محصولات داخلی کمک کند. برای مثال، تولید پروتئین‌های گیاهی و محصولات جانبی حاصل از فرآیندهای بیوتکنولوژیک می‌تواند به تأمین منابع پروتئینی مورد نیاز کشور کمک کند و در عین حال فشار بر منابع ارزی برای واردات گوشت و مواد پروتئینی را کاهش دهد.

توسعه بیوتکنولوژی صنعتی به‌عنوان یکی از ارکان کلیدی خوداتکایی در ایران، می‌تواند به ایجاد اشتغال در صنایع مختلف و تقویت اقتصاد دانش‌بنیان منجر شود. با سرمایه‌گذاری در این بخش، فرصت‌های شغلی جدید برای متخصصان و کارگران ماهر ایجاد می‌شود که می‌تواند به کاهش بیکاری و ارتقای سطح فنی کشور کمک کند. علاوه بر این، صنایع مرتبط با بیوتکنولوژی به دلیل نیاز به تحقیق و توسعه، نوآوری، و فناوری‌های پیشرفته، می‌توانند زمینه‌ساز رشد اقتصادی پایدار و کاهش وابستگی به منابع خارجی باشند.

۹-۲- تأمین و تکمیل زنجیره ارزش

اهمیت زنجیره ارزش در ایجاد مزیت رقابتی است. فعالیت‌هایی که در این راستا انجام می‌شوند، به ارزیابی کسب‌وکار، توانایی و نحوه بهبود آن و روش‌های افزایش ارزش کمک می‌کنند. حاشیه سود محصول از تفاوت دو مولفه ارزش نهایی محصول و هزینه‌ای که بابت ایجاد ارزش صرف شده‌است، بدست می‌آید. در واقع تفاوت بین ارزش، یعنی آنچه خریداران حاضرند برای یک محصول یا خدمات بپردازند و هزینه انجام فعالیت های مربوط به ایجاد آن، سود را تعیین می‌کند. زنجیره ارزش راه دقیقی برای درک منابع ارزش خریدار که قیمت بالاتری دارند و اینکه چرا یک محصول یا خدمات جایگزین دیگری می‌شود، فراهم می‌کند. استراتژی عبارت است از مجموعه‌ای از فعالیت‌های سازگار داخلی که یک شرکت را از رقبای خود متمایز می‌کند.

زنجیره ارزش که توسط مایکل پورتر توسعه یافته و برای نزدیک به ۳۰ سال در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است، ابزار قدرتمندی برای تفکیک یک شرکت به فعالیت‌های مرتبط استراتژیک آن به منظور تمرکز بر منابع مزیت رقابتی است، یعنی فعالیت‌های خاصی که منجر به قیمت های بالاتر یا هزینه های کمتر می‌شود{Porter, 1985 #278}.

مزیت رقابتی را نمی‌توان با نگاه کردن به یک شرکت به‌عنوان یک کل درک کرد. مزیت رقابتی از بسیاری از فعالیت های گسسته ای ناشی می‌شود که یک شرکت در طراحی، تولید، بازاریابی، ارائه و پشتیبانی از محصول خود انجام می‌دهد. برای تجزیه و تحلیل منابع مزیت رقابتی، روشی سیستماتیک برای بررسی تمام فعالیت‌هایی که یک شرکت انجام می‌دهد و نحوه تعامل آن‌ها ضروری است. زنجیره ارزش به‌عنوان ابزار اساسی برای انجام این کار استفاده می‌شود. زنجیره ارزش یک شرکت را به فعالیت‌های مرتبط استراتژیک آن تفکیک می‌کند تا رفتار هزینه‌ها و منابع موجود و بالقوه تمایز را درک کند. یک شرکت با

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

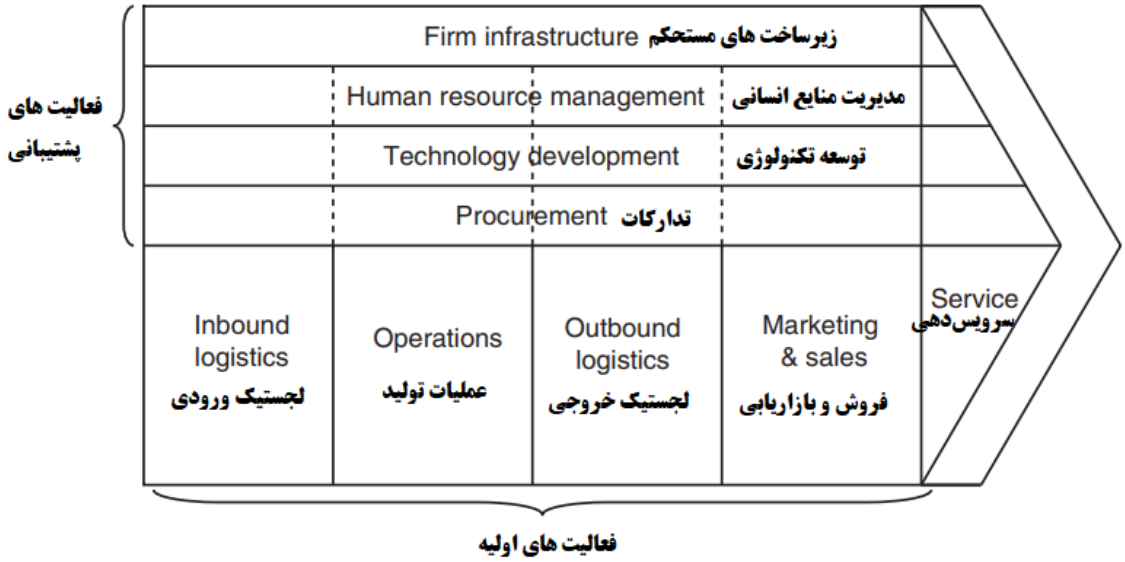
انجام این فعالیت های مهم استراتژیک ارزان تر یا بهتر از رقبای خود مزیت رقابتی به دست می آورد{Porter, 1985 #278}.

۱-۹-۲- تعریف زنجیره ارزش

طبق بیان پورتر، زنجیره ارزش برای توصیف کلیه فعالیت‌های کسب و کار مورد نیاز جهت ایجاد یک محصول از ابتدا تا پایان استفاده می‌شود (به‌عنوان مثال طراحی، تولید، توزیع و غیره)

هر شرکت مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی است که برای طراحی، تولید، بازاریابی، ارائه و پشتیبانی محصول آن انجام می‌شود. تمام این فعالیت ها را می‌توان با استفاده از یک زنجیره ارزش نشان داد که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. زنجیره ارزش یک شرکت و روشی که آن فعالیت‌های فردی را انجام می‌دهد، بازتابی از تاریخ، استراتژی، رویکرد آن به اجرای استراتژی، و اقتصاد زیربنایی خود فعالیت‌ها است{, #۲۷۹;Porter, 1985 #278} {, #۲۸۰} {McGee, 2015 #281}.

زنجیره ارزش، ارزش کل را نشان می‌دهد و شامل فعالیت های ارزش و حاشیه سود است. فعالیت‌های ارزشی، فعالیت‌های متمایز فیزیکی و فنی هستند که یک شرکت انجام می‌دهد و بلوک های ساختمانی هستند که توسط آن‌ها یک شرکت محصولی ارزشمند برای خریداران خود ایجاد می‌کند. حاشیه سود (مارجین) تفاوت بین ارزش کل و هزینه جمعی انجام فعالیت های ارزشی است{, #۲۷۹;Porter, 1985 #278} {, #۲۸۰} {McGee, 2015 #281}. مدل اصلی زنجیره ارزش پورتر به شرح زیر است:



شکل (۵-۲) مدل زنجیره ارزش کلی{Porter, 1985 #278} {, #۲۷۹}

فعالیت های ارزشی را می‌توان به دو نوع کلی، فعالیت های اولیه[1] و فعالیت های حمایتی[2] تقسیم کرد. فعالیت های اولیه، فعالیت هایی هستند که در ایجاد فیزیکی محصول و فروش و انتقال آن به خریدار و همچنین کمک های پس از فروش دخیل هستند. در هر شرکت، فعالیت های اولیه را می‌توان به پنج دسته کلی

[1] Primary activities

[2] Support activities

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

(۱) لجستیک ورودی،

(۲) عملیات تولید،

(۳) لجستیک خروجی،

(۴) بازاریابی و فروش و

(۵) خدمات تقسیم نمود.

هر یک از این فعالیت های اولیه با فعالیت های حمایتی مرتبط است که به بهبود اثربخشی یا کارایی آن‌ها کمک می‌کند. چهار حوزه اصلی فعالیت های پشتیبانی عبارتند از: (۱) تدارکات،(۲) توسعه فناوری (شامل تحقیق و توسعه)، (۳) مدیریت منابع انسانی، و (۴) زیرساخت (سیستم های برنامه ریزی، مالی، کیفیت، مدیریت اطلاعات و غیره). خطوط نقطه چین در شکل نشان دهنده این واقعیت است که تدارکات، توسعه فناوری و مدیریت منابع انسانی می‌تواند با فعالیت های اولیه خاص مرتبط باشد و هم‌چنین از کل زنجیره پشتیبانی کند. زیرساخت های شرکت با فعالیت های اولیه خاصی مرتبط نیست، اما از کل زنجیره پشتیبانی می‌کند. بنابراین فعالیت‌های ارزشی بلوک‌های سازنده مجزای مزیت رقابتی هستند. نحوه انجام هر فعالیت در ترکیب با اقتصاد آن تعیین می‌کند که آیا یک شرکت نسبت به رقبا هزینه بالایی دارد یا پایین. نحوه انجام هر فعالیت ارزشی نیز نقش آن را در نیازهای خریدار و در نتیجه تمایز تعیین می‌کند{Yu, 2017 #282;McGee, 2015 #281;, #280;, #279;Porter, 1985 #278}

در بیشتر صنایع، این که یک شرکت تمام فعالیت‌ها را از طراحی محصول، تولید قطعات و مونتاژ نهایی تا تحویل به کاربر نهایی به تنهایی انجام دهد عملا امکان‌پذیر نمی باشد. اغلب، سازمآن‌ها عناصر یک سیستم ارزش یا زنجیره تامین هستند. از این رو، تحلیل زنجیره ارزش باید کل سیستم ارزشی را که سازمان در آن عمل می‌کند، پوشش دهد. مطابق شکل، سیستم ارزش برای رسم یک زنجیره ارزش به طور کلی بر ۴ حوزه مختلف استوار است{Porter, 1985 #278}:

۱. تامین کنندگان زنجیره ارزش: در این حوزه تامین کنندگان زنجیره ارزش قرار دارند این تامین کنندگان مربوط به تامین کنندگان انواع ماده اولیه موردنیاز، تامین کنندگان تجهیزات و تأسیسات، تامین کنندگان انرژی، تامین کنندگان فناوری مورد نیاز، تامین کنندگان منابع مالی و... است.

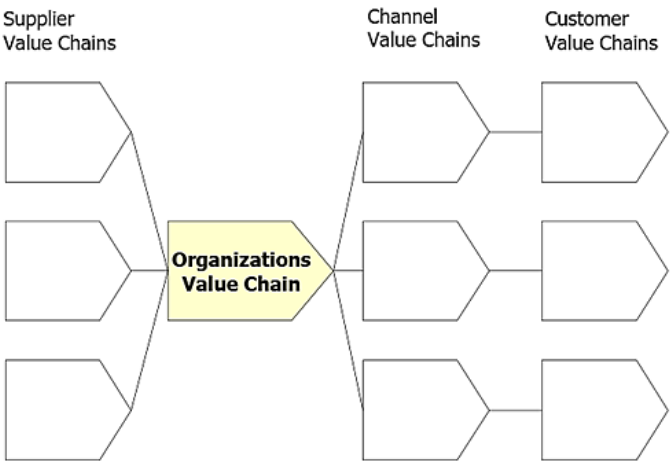
۲. سازماندهی زنجیره ارزش: در این بخش عموما محصول مورد نظر تولید و بسته بدی می‌شود تا به مرحله توزیه برسد.

۳. کانال توزیع زنجیره ارزش: این حوزه شامل تمام فعالیت هایی است که منجر به رسیدن محصول نهایی به دست مصرف کننده نهایی میگرد. این فعالیت ها شامل فعالیت های توزیع، حمل و نقل، فروش، تبلیغات، بازاریابی و... است.

۴. زنجیره ارزش مشتری: این حوزه شامل زنجیره ارزش پس از رسیدن محصول به دست مشتری است. این فعالیت ها شامل نصب، تعمیر، آموزش، خدمات و پشتیبانی پس از فروش، برنامه ارتقاء در صورت نیاز و... است{ Yu, 2017 #282;McGee, 2015 #281;, #280;, #279;Porter, 1985 #278}.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۶-۲) ساختار زنجیره ارزش {, #۲۷۹}

۲-۹-۲- ماهیت فعالیت های زنجیره ارزش

شناسایی فعالیت های ارزشی مستلزم جداسازی فعالیت هایی است که از نظر فناوری و استراتژیک متمایز هستند.

۲-۹-۳- فعالیت های اولیه

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، پنج دسته کلی از فعالیت های اولیه در رقابت در هر صنعتی وجود دارد. هر دسته به تعدادی فعالیت مجزا تقسیم می‌شود که به صنعت خاص و استراتژی شرکت بستگی دارد {, #۲۷۹; Porter, 1985 #278}:

۱. لجستیک ورودی[1]: فعالیت‌های مرتبط با دریافت، ذخیره‌سازی و تقسیم / پخش کردن ورودی‌ها به محصول، مانند جابجایی مواد، انبارداری، کنترل موجودی، برنامه‌ریزی، تأمین منابع مالی و.. {Porter, 1985 #278}

۲. عملیات[2]: فعالیت‌های مرتبط با تبدیل ورودی‌ها به شکل محصول نهایی، مانند عملیت تولید (عملیات پایین دسیت ، بالا دستی تولید و...)، بسته‌بندی، مونتاژ، تعمیر و نگهداری تجهیزات، آزمایش و عملیات تأسیسات { Porter, 1985 #278}.

۳. لجستیک خروجی[3]: فعالیت‌های مرتبط با جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و توزیع فیزیکی محصول به خریداران، مانند انبارداری کالاهای نهایی، حمل و نقل مواد، تأمین وسیله نقلیه تحویل، پردازش سفارش و زمان‌بندی { Porter, 1985 #278}.

۴. بازاریابی و فروش[4]: فعالیت‌های مرتبط با ارائه پلت فرمی که از طریق آن خریداران می‌توانند محصول را خریداری

[1] Inbound Logistics
[2] Operations
[3] Outbound Logistics
[4] Marketing and Sales

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کنند و ترغیب ب خرید محصول مانند انواع مختلف تبلیغات، نیروی فروش، انتخاب کانال فروش و توزیع محصولات، روابط کانال و قیمت‌گذاری {Porter, 1985 #278}.

۵. سرویس دهی: فعالیت های مرتبط با ارائه خدمات برای افزایش یا حفظ ارزش محصول، مانند نصب، تعمیر، آموزش، تامین قطعات و تنظیم محصول {Porter, 1985 #278}.

هر یک از دسته ها ممکن است برای مزیت رقابتی بسته به صنعت حیاتی باشد. برای یک توزیع کننده، لجستیک ورودی و خروجی بسیار مهم است. برای یک شرکت خدماتی که خدمات را در محل خود مانند رستوران یا خرده‌فروش ارائه می‌کند، لجستیک خروجی ممکن است تا حد زیادی وجود نداشته باشد و عملیات در مقوله حیاتی باشد. برای بانکی که درگیر وام شرکتی است، بازاریابی و فروش از طریق اثربخشی افسران فراخوان و نحوه بسته‌بندی و قیمت گذاری وام ها کلید مزیت رقابتی است. با این حال، در هر شرکتی، تمام دسته های فعالیت های اولیه تا حدی وجود دارند و نقشی در مزیت رقابتی ایفا می‌کنند {Porter, 1985 #278}.

۴-۹-۲- فعالیت های پشتیبانی

فعالیت های ارزش پشتیبانی در زنجیره ارزش را می‌توان به چهار دسته کلی (۱) تدارکات،(۲) توسعه فناوری (شامل تحقیق و توسعه)، (۳) مدیریت منابع انسانی، و (۴) زیرساخت تقسیم کرد {Porter, 1985 #278} {, ۲۷۹#}. همانند فعالیت‌های اولیه، هر دسته از فعالیت‌های پشتیبانی به تعدادی از فعالیت‌های ارزشی متمایز تقسیم می‌شوند که مختص یک صنعت خاص هستند.

۱. تدارکات[1]: تدارکات به عملکرد خرید نهاده های مورد استفاده در زنجیره ارزش شرکت اشاره دارد، نه به خود نهاده های خریداری شده. نهاده های خریداری شده شامل مواد اولیه، لوازم و سایر اقلام مصرفی و هم‌چنین دارایی هایی مانند ماشین آلات، تجهیزات آزمایشگاهی، تجهیزات اداری و ساختمان‌ها می باشد. اگرچه ورودی های خریداری شده معمولاً با فعالیت های اولیه مرتبط هستند، ورودی های خریداری شده در هر فعالیت ارزشی از جمله فعالیت های پشتیبانی وجود دارند. تدارکات معمولاً در سراسر یک شرکت پخش می‌شود. پراکندگی عملکرد تدارکات اغلب حجم کل خریدها را پنهان می‌کند و به این معنی است که بسیاری از خریدها مورد بررسی کمی قرار می‌گیرند. یک فعالیت تدارکاتی معین معمولاً می‌تواند با فعالیت یا فعالیت‌هایی با ارزش خاص مرتبط باشد که از آن پشتیبانی می‌کند، اگرچه اغلب بخش خرید به بسیاری از فعالیت‌های ارزشی خدمات می‌دهد و سیاست‌های خرید در سراسر شرکت اعمال می‌شود. هزینه فعالیت های تدارکات خود معمولاً بخش کوچک و نه ناچیز از کل هزینه ها را نشان می‌دهد، اما اغلب تأثیر زیادی بر هزینه کلی و تمایز شرکت دارد {Porter, 1985 #278}.

۲. توسعه تکنولوژی[2]: هر فعالیت ارزشی، فناوری را تجسم می‌بخشد. مجموعه فناوری های به کار رفته در اکثر شرکت‌ها بسیار گسترده است، از فناوری هایی که در تهیه اسناد و حمل و نقل کالا استفاده می‌شود تا فناوری هایی که در تولید محصول به صورت مستقیم یا غیر مستقیم دخیل هستند. توسعه فناوری شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است که می‌توان آن‌ها را به طور گسترده در تلاش‌هایی برای بهبود محصول و فرایند دسته‌بندی کرد. اگرچه توسعه فناوری معمولا با بخش مهندسی یا گروه توسعه مرتبط است؛ با این حال معمولاً در بسیاری از بخش‌های یک شرکت

[1] Procurement

[2] Technology Development

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اتفاق می‌افتد. توسعه فناوری ممکن است از هر یک از فناوری‌های متعددی که در فعالیت‌های ارزشی گنجانده شده‌اند، از جمله حوزه‌هایی مانند فناوری ارتباطات از راه دور برای سیستم ثبت سفارش، یا اتوماسیون اداری برای بخش حسابداری پشتیبانی کند. این فقط در مورد فناوری هایی که مستقیماً با محصول نهایی مرتبط هستند اعمال نمی‌شود. توسعه فناوری نیز اشکال مختلفی دارد، از تحقیقات پایه و طراحی محصول گرفته تا تحقیقات رسآن‌های، طراحی تجهیزات فرایند و روش‌های خدمات. توسعه فناوری که به محصول و ویژگی‌های آن مربوط می‌شود، از کل زنجیره پشتیبانی می‌کند، در حالی که توسعه فناوری های دیگر با فعالیت‌های اولیه یا پشتیبانی خاصی مرتبط است. توسعه فناوری برای مزیت رقابتی مهم است، در همه صنایع، کلید خلق ارزش معمولا وابسته به توسعه فناوری است {Porter, 1985 #278}.

۳. مدیریت منابع انسانی[1]: مدیریت منابع انسانی شامل فعالیت هایی است که در استخدام، آموزش، توسعه و جبران خسارت انواع پرسنل دخیل هستند. مدیریت منابع انسانی هم از فعالیت‌های اولیه و هم فعالیت‌های پشتیبانی فردی (مانند استخدام مهندسان) و کل زنجیره ارزش (مانند مذاکرات کار) پشتیبانی می‌کند. فعالیت های مدیریت منابع انسانی مانند سایر فعالیت های پشتیبانی در بخش‌های مختلف یک شرکت رخ می‌دهد و پراکندگی این فعالیت ها می‌تواند منجر به سیاست های ناسازگار شود. علاوه بر این، هزینه‌های انباشته مدیریت منابع انسانی به ندرت به خوبی درک می‌شوند و هم‌چنین معاوضه‌ها در هزینه‌های مختلف مدیریت منابع انسانی، مانند حقوق و دستمزد در مقایسه با هزینه‌های استخدام و آموزش به دلیل جابجایی، وجود ندارد. مدیریت منابع انسانی از طریق نقشی که در تعیین مهارت ها و انگیزه کارکنان و هزینه استخدام و آموزش دارد، بر مزیت رقابتی در هر شرکت تأثیر می گذارد {Porter, 1985 #278}.

۴. زیرساخت های شرکت[2]: زیرساخت های شرکت شامل فعالیت هایی مانند مدیریت عمومی، برنامه ریزی، مالی، حسابداری، حقوقی، امور دولتی و مدیریت کیفیت است. زیرساخت، برخلاف سایر فعالیت های پشتیبانی، معمولاً از کل زنجیره پشتیبانی می‌کند و نه فعالیت های فردی. بسته به اینکه آیا یک شرکت متنوع است یا نه، زیرساخت های شرکت ممکن است مستقل باشد یا بین یک واحد تجاری و شرکت اصلی تقسیم شود. در شرکت‌های متنوع، فعالیت های زیرساختی معمولاً بین واحد تجاری و سطوح شرکت تقسیم می‌شود (به‌عنوان مثال، تامین مالی اغلب در سطح شرکت انجام می‌شود در حالی که مدیریت کیفیت در سطح واحد تجاری انجام می‌شود). با این حال، بسیاری از فعالیت‌های زیرساختی هم در سطح واحد تجاری و هم در سطح شرکت رخ می‌دهند {Porter, 1985 #278}.

۵-۹-۲- انواع فعالیت ها

در هر دسته از فعالیت های اولیه و پشتیبانی، سه نوع فعالیت وجود دارد که نقش متفاوتی در مزیت رقابتی دارند {Porter, 1985 #278}:

۱. مستقیم: فعالیت هایی که مستقیماً در ایجاد ارزش برای خریدار نقش دارند، مانند مونتاژ، ماشینکاری قطعات،

[1] Human resource management

[2] Firm Infrastructure

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

عملیات نیروی فروش، تبلیغات، طراحی محصول، استخدام و غیره.

۲. غیر مستقیم: فعالیت‌هایی که امکان انجام فعالیت‌های مستقیم را به صورت مستمر فراهم می‌کند، مانند نگهداری، برنامه‌ریزی، بهره‌برداری از تأسیسات، اداره نیروی فروش، اداره تحقیقات، نگهداری سوابق فروشنده و غیره.

۳. تضمین کیفیت: فعالیت هایی که کیفیت سایر فعالیت ها را تضمین می‌کند، مانند نظارت، بازرسی، آزمایش، بازنگری، بررسی، تنظیم و کار مجدد. تضمین کیفیت مترادف با مدیریت کیفیت نیست، زیرا بسیاری از فعالیت های ارزشی به کیفیت کمک می‌کنند،

هر شرکتی دارای فعالیت های ارزشی مستقیم، غیرمستقیم و تضمین کیفیت است. هر سه نوع نه تنها در بین فعالیت های اولیه بلکه در بین فعالیت های حمایتی نیز وجود دارد.

۲-۹-۶- انواع زنجیره ارزش

زنجیره ارزش از نظر موقعیت در سه شکل قرار دارد؛ ممکن است محدود به شرکتی خاص در موقعیتی خاص باشد، ممکن است در برگیرنده یک صنعت باشد یا در چند نقطه از جهان برقرار باشد. در مجموع انواع زنجیره ارزش عبارت‌اند از {, #۲۸۳}:

زنجیره ارزش در سطح یک سازمان: در زنجیره ارزش در سطح یک سازمان، تمرکز بر فعالیت‌هایی است که سازمان برای بهبود مزیت رقابتی، افزایش ارزش محصول و سودآوری انجام می‌دهد {, #۲۸۳}.

زنجیره ارزش در سطح صنعت: در این نوع زنجیره ارزش، مجموعه فعالیت‌های مربوط به مراحل مختلف تولید یک محصول از فرایندهای تهیه، تولید و تحویل و احتمال ادغام و ورود به بازار جدید بررسی خواهد شد {, #۲۸۳}.

زنجیره ارزش جهانی: کسب‌وکارهایی که با اهدافی مثل صرفه اقتصادی، فعالیت خود را در سطح جهانی انجام می‌دهند و محصول خود را در سطح جهان ارائه می‌کنند، به زنجیره ارزش جهانی مربوط می‌شوند. این فعالیت‌ها شامل توسعه، تولید و بازاریابی است. به‌عنوان مثال شرکت‌های تولید پوشاک برند، تولید محصولات خود را به دلیل نیروی کار ارزان، به کشورهای شرق و جنوب آسیا منتقل می‌کنند {, #۲۸۳}.

۲-۹-۷- مراحل پیاده سازی زنجیره ارزش

زنجیره ارزش یک فرایند کلان در مدیریت تولید است که از مراحل مختلفی تشکیل شده است. این مراحل به‌صورت متوالی اجرا می‌شوند و هر یک به بهبود عملکرد و ارزش‌افزوده محصولات یا خدمات کمک می‌کنند {, #۲۸۳}.

تحلیل نیازها: ابتدایی‌ترین مرحله زنجیره ارزش، تحلیل نیازها است. در این مرحله، نیازها و خواسته‌های بازار شناسایی می‌شوند و پایه‌ای برای طراحی فرایند تولید فراهم می‌آید.

تحقیق و توسعه: پس از شناسایی نیازها، فعالیت‌های تحقیق و توسعه آغاز می‌شود. این مرحله شامل طراحی محصولات جدید، به‌روزرسانی فناوری‌ها، و بهبود فرایندهای تولیدی است.

تامین ورودی‌ها: مرحله بعدی تامین ورودی‌ها است. این مرحله شامل تهیه مواد اولیه، قطعات، یا خدماتی است که برای تولید نهایی محصول یا ارائه خدمات موردنیاز است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تولید: فرایند تولید، جایی است که ورودی‌ها به محصولات یا خدمات تبدیل می‌شوند. این مرحله بر بهره‌وری و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد.

توزیع: پس از تولید، محصولات به مقصدنهایی ارسال می‌شوند. مدیریت توزیع نیز مهم است تا محصولات به موقع و به شکل سالم به مشتریان برسند.

فروش و بازاریابی: مرحله فروش و بازاریابی شامل تبلیغات، ارتباط با مشتریان، و فروش محصولات است. این مرحله به توسعه بازار و افزایش فروش کمک می‌کند.

خدمات پس از فروش: آخرین مرحله زنجیره ارزش، خدمات پس از فروش است. این مرحله شامل تعمیرات، به‌روزرسانی‌ها و پشتیبانی فنی برای مشتریان است.

بهبود هر یک از این مراحل می‌تواند به بهبود عملکرد زنجیره ارزش و افزایش رقابت‌پذیری کمک کند.

۸-۹-۲- تفاوت زنجیره ارزش و زنجیره تأمین

زنجیره ارزش و زنجیره تامین[1] دو مفهوم مهم در حوزه مدیریت و تجارت هستند که هرکدام نقش خاص خود را در فرایند تولید و توزیع محصولات و خدمات ایفا می‌کنند{, #۲۸۳}.

زنجیره ارزش به تمام مراحلی اشاره دارد که مواد اولیه تا تحویل محصول یا خدمات به مشتری نهایی طی می‌شود. این مفهوم بیشتر به فرایندهای افزودن ارزش به محصول یا خدمات توجه دارد، از تحقیق و توسعه تا توزیع و خدمات پس از فروش؛ درواقع زنجیره ارزش نه تنها به تولید فیزیکی محصول، بلکه به مدیریت اطلاعات، بازاریابی، و خدمات پس از فروش نیز می‌پردازد[۳۶۱].

در مقابل، زنجیره تامین بیشتر متمرکز بر فرایند تأمین مواد اولیه و کالاها است. این مفهوم شامل تأمین مواد اولیه لازم برای تولید، انبارداری، حمل‌ونقل و توزیع محصولات به بازار می‌شود. هدف اصلی زنجیره تامین، اطمینان از تامین به موقع و بهینه منابع موردنیاز برای تولیدنهایی محصول یا ارائه خدمات است{, #۲۸۳}.

با اینکه هر دو مفهوم به بهبود کارایی و تولنایی یک سازمان کمک می‌کنند، اما تمرکز زنجیره ارزش بیشتر بر روی افزودن ارزش به محصولات و خدمات و تأثیر بر بازار است در حالی‌که زنجیره تامین، بیشتر به تامین منابع موردنیاز برای تولید تمرکز دارد{, #۲۸۳}.

۹-۹-۲- رویکرد زنجیره ارزش

رویکرد زنجیره ارزش، کل زنجیره ارزش فعالیت‌های اقتصادی را با درک آنچه در مراحل مختلف زنجیره ارزش اتفاق می‌افتد و هم‌چنین نحوه عملکرد زنجیره ارزش به‌عنوان بخشی از یک سیستم در نظر می‌گیرد (شکل). از طریق مشاوره و همکاری، رویکرد زنجیره ارزش یک دستور کار مشترک برای اقدامات هماهنگ که می‌تواند سیستم را متحول کند، تعریف می‌شود.

اتخاذ رویکرد زنجیره ارزش، به شناسایی نقاط مداخله استراتژیک و تعیین اقدامات مربوطه برای کمک به بهبود مدیریت منابع

[1] Supply chains

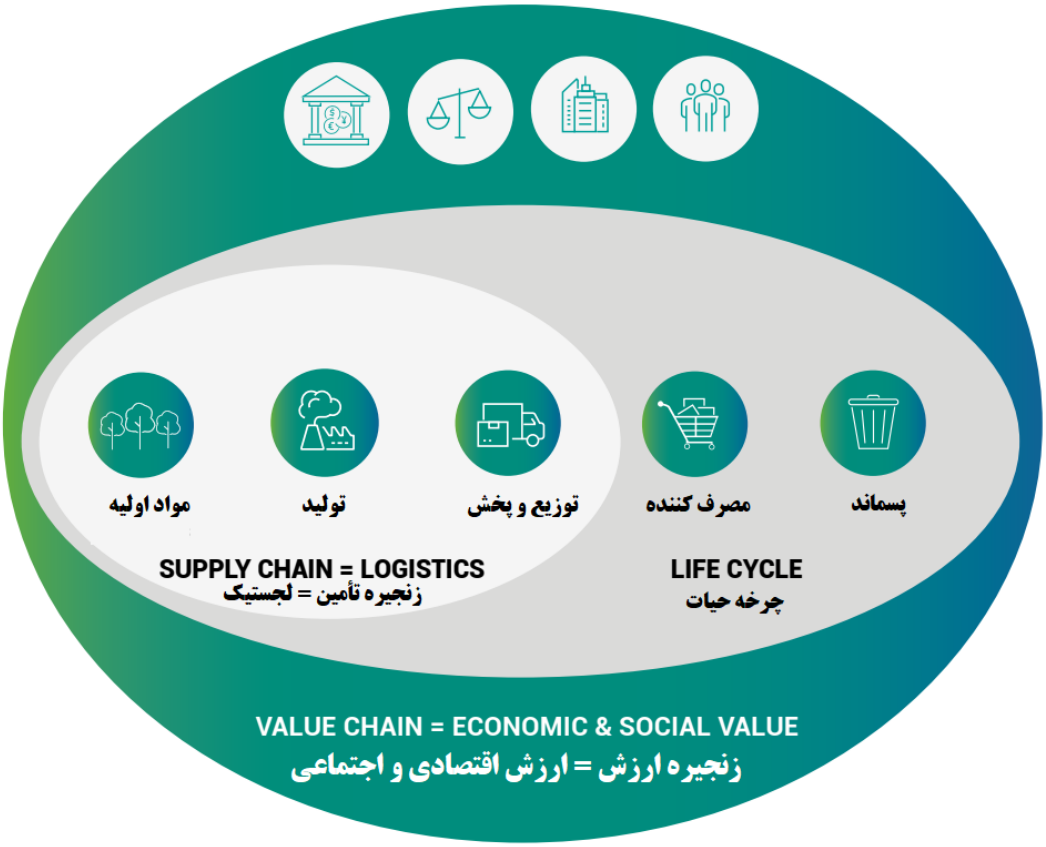
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

طبیعی و دست‌یابی به اهداف پایداری چندگانه به طور هم‌زمان منجر می‌شود.

هدف رویکرد زنجیره ارزش شناسایی نقاط حساس و شکل دادن به اقدامات مربوطه بر اساس دانش موجود و داده‌های موجود است. این امر، چارچوبی قابل اجرا برای بخش‌ها، محصولات و مقیاس‌های جغرافیایی مختلف ارائه می‌کند. به‌عنوان یک رویکرد اقدام‌محور، نتایج کلیدی آن عبارتند از:

- شناسایی مکآن‌هایی که بیشترین فرصت برای بهبود اتفاق می‌افتد.
- شناسایی اقداماتی که برای بهره‌برداری از این فرصت‌ها باید ترویج شوند.
- شناسایی اینکه چه شرایط توانمندی مورد نیاز است و کدام سهامداران باید چنین اقداماتی را رهبری کنند.



شکل (۷-۲) زنجیره ارزش، در رابطه با زنجیره تأمین و چرخه حیات[1]

زنجیره ارزش معمولاً شامل مراحل زیر است اما با این حال، ممکن است تفاوت‌های مهمی بین بخش‌ها، محصولات و مکآن‌های جغرافیایی وجود داشته باشد.

- استخراج منابع طبیعی
- فراوری/ ساخت، بسته‌بندی
- توزیع
- بازاریابی

[1] Lifecycle

https://heiatelmi.ir

- نقطه فروش/ خدمات (خرده فروشی و غیره)
- مصرف محصول
- مدیریت پسماند
- دفع پسماند

وب سایت هیات علمی



شکل (۸-۲) فعالیت‌های اقتصادی تولید و مصرف در ارتباط با منابع طبیعی و محیط‌زیست

۱۰-۹-۲- اهمیت استفاده از رویکرد زنجیره ارزش

رویکرد زنجیره ارزش، نقاط مداخله استراتژیک را شناسایی می‌کند و اقدامات مربوطه را شکل می‌دهد که مدیریت منابع

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

طبیعی را بهبود می‌بخشد و به اهداف پایداری چندگانه به طور همزمان دست می‌یابد. نکته مهم این است که رویکرد زنجیره ارزش تصدیق می‌کند که نقاط کلیدی مداخله ممکن است همیشه با مراحل زنجیره ارزش که در آن بیشترین استفاده از منابع طبیعی و اثرات زیست‌محیطی رخ می‌دهد یکسان نباشد. این به این دلیل است که تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، محرک‌ها، موانع و حلقه‌های بازخورد مهم را در سطح کلان شناسایی می‌کند که باید به منظور تغییر استفاده از منابع طبیعی و اثرات زیست‌محیطی در سطح خرد در طول مراحل زنجیره ارزش مورد توجه قرار گیرند.

رویکرد زنجیره ارزش در واقع اطلاعات و داده‌ها را سازماندهی می‌کند تا اقدامات تأثیرگذار را شکل داده و آن را به رابط عملی بین علم در مورد منابع طبیعی، اقدام در مصرف و تولید پایدار تبدیل می‌کند.

این رویکرد با خاص بودن (نام بردن از نوع منبع، نوع تأثیر، مرحله زنجیره ارزش) و با درگیر کردن همه ذینفعان، راه‌حل‌هایی تولید می‌کند که در سطوح مختلف توسط بازیگران مختلف قابل اجرا هستند.

۱۱-۹-۲- اجرای رویکرد زنجیره ارزش

رویکرد زنجیره ارزش در سه مرحله اصلی (۱) درک زنجریه ارزش و شناسایی نقاط اصلی، (۲) تجمیع اقدامات موجود و شناسایی فرصت‌ها برای رسیدگی به نقاط حساس شناسایی‌شده و (۳) تعیین دستور کار مشترک و اولویت‌بندی اقدام برای رفع شکاف شناسایی شده خلاصه می‌شود. این مراحل و زیرمرحله‌های هر یک در شکل نمایش داده شده‌اند.



شکل (۹-۲) مروری بر مراحل کلیدی رویکرد زنجیره ارزش

۱-۱۱-۹-۲- مرحله اول: درک زنجیره ارزش و شناسایی نقاط اصلی

۱. تعریف زنجیره ارزش و شناسایی مراحل کلیدی زنجیره ارزش و بازیگران اصلی آن

زنجیره ارزش معمولاً شامل مراحل زیر است: استخراج منابع طبیعی، تولید، پردازش/ساخت، بسته‌بندی، توزیع، بازاریابی، فروش (خرده فروشی و غیره)، مصرف، مدیریت زباله، دفع و پس از استفاده. با این حال، ممکن است تفاوت‌های مهمی بین بخش‌ها، محصولات و مکان‌های جغرافیایی وجود داشته باشد. بنابراین مهم است که مراحل بعدی این رویکرد اطمینان حاصل

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شـود که مراحل کلیدی زنجیره ارزش و بازیگران آن دسـتگیر شـده‌اند. برای هدف و دامنه بررسـی زنجیره‌های ارزش جهانی، ساده‌سازی و تعمیم مراحل زنجیره ارزش با اذعان به اینکه ممکن است بین کشورها و منطقه‌ها متفاوت باشد، ضروری است.

۲. دسته بندی داده ها در مورد استفاده از منابع طبیعی و اثرات زیست‌محیطی

نگاشـت داده‌ها و اطلاعات موجود به مراحل کلیدی زنجیره ارزش، امکان فیلتر کردن و جداسـازی حجم زیادی از اطلاعات را برای شـناسایی مکآن‌هایی که بیشـترین فرصت برای بهبود رخ می‌دهد، را نشـان می‌دهد. دسـته بندی عمدتاً بر منابع طبیعی و استفاده از مواد و تأثیرات زیست‌محیطی و هم‌چنین تأثیرات اجتماعی-اقتصادی شناخته شده متمرکز است. دسته‌بندی داده‌ها و اطلاعات شامل موارد زیر باید باشد:

- منابع طبیعی: زمین، خاک، مناظر، آب، تنوع زیسـتی و خدمات اکوسـیسـتم، جنگل‌ها (طبیعی یا تجاری)، منابع ژنتیکی، مواد مغذی
- منابع مادی: کانی‌های فلزی (مس، سـنگ آهن، آلومینا)، سـوخت‌های فسـیلی (زغال سـنگ، نفت، گاز)، کانی‌های غیرفلزی (شن، سنگ آهک، شن).
- زیست‌توده
- مواد نهایی (که تحت فرایند تولید قرار می‌گیرند): بتن، فولاد، آلومینیوم، چوب، شیشه.

در بخش اثرات زیست‌محیطی، داده‌ها و اطلاعات در مورد اثرات زیستی مانند موارد زیر باید بررسی شود.

- جنگل‌زدایی
- از بین رفتن تنوع زیستی
- کاهش دسترسی و آلودگی منابع آبی
- تخریب و آلودگی خاک
- آلودگی هوا
- انتشار گازهای گلخآن‌های

در صورت وجود، اثرات اجتماعی-اقتصادی نیز در مراحل مختلف زنجیره ارزش ترسیم می‌شود.

۳. اعمال تحلیل سیستمی

در حالی که نگاشت استفاده از منابع و اثرات آن در طول زنجیره ارزش، «آنچه» را در مراحل مختلف زنجیره ارزش در حال رخ دادن اسـت، نشـان می‌دهد، اعمال تحلیل سـیسـتمی برای آن نشـان می‌دهد «چرا» این اتفاق می‌افتد. با ادغام درک موانع و محرک‌های سـیسـتمی در طول زنجیره ارزش در تجزیه و تحلیل، می‌توان درک کرد که چگونه می‌توان "آنچه در حال وقوع است" را تغییر داد. به‌عنوان مثال، نقشه‌برداری داده‌ها مراحلی از زنجیره ارزش را مشخص می‌کند که اکثریت استفاده از منابع طبیعی و تأثیرات آن رخ می‌دهد. با این حال، به طور خودکار نتیجه نمی‌گیرد که راه‌حل‌ها فقط در آن مراحل از زنجیره ارزش یافت می‌شوند.

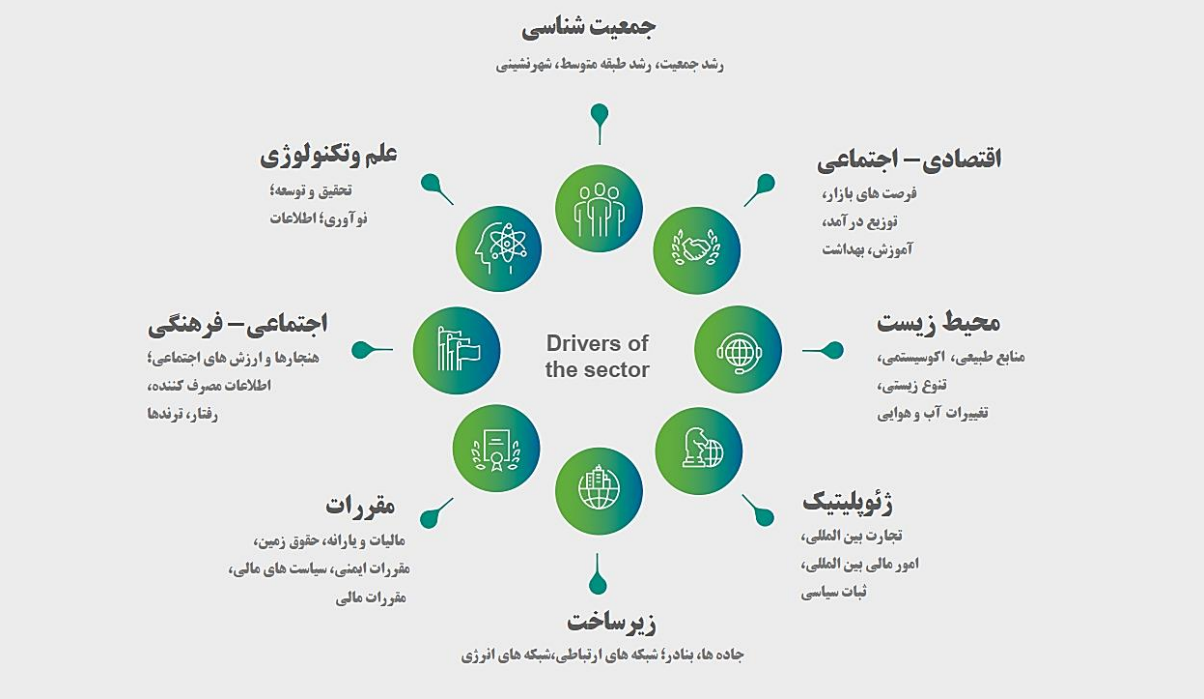
محرک‌هایی مانند نهادها، مقررات، جمعیت‌شناسـی فناوری، بازارها و سـایر عوامل اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی، عملیات را در طول زنجیره ارزش شـکل می‌دهند. محرک‌ها و سـاختار زنجیره ارزش، میزان نفوذ و قدرت بازیگران خاص و در نتیجه توانایی آن‌ها برای مشارکت در راه حل ها را تعیین می‌کند. هر یک از محرک‌ها در شکل‌دهی بخش و تأثیرگذاری بر رفتار بازیگران در طول زنجیره ارزش و تعیین گزینه‌های موجود برای آن‌ها مشـارکت دارند. به همین ترتیب، هر یک از این محرک‌ها نقاط

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مداخله‌ای برای شکل‌دهی مثبت به نحوه عملکرد بخش و رفتار بازیگران در طول زنجیره ارزش هستند.

یافته‌های علوم طبیعی با تکیه بر علوم اجتماعی و علوم انسانی - از جمله اقتصاد سیاسی، جامعه شناسی و مردم شناسی - برای درک عوامل و موانع در طول زنجیره ارزش و تثبیت استفاده از منابع طبیعی در واقعیت اجتماعی-اقتصادی تکمیل می‌شود.



شکل (۱۰-۲) نمونه‌ای از محرک ها در یک بخش معین برای اعمال تجزیه و تحلیل سیستم در زنجیره ارزش.

۴. شناسایی نقاط مهم کلیدی

این مرحله مشخص می‌کند که کجای زنجیره ارزش باید اقدام کرد. نگاشت استفاده از منابع طبیعی و اثرات زیست‌محیطی در امتداد زنجیره ارزش و استفاده از تحلیل سیستم در مراحل ۲ و ۳ نمای کلی از آنچه اتفاق می‌افتد و چرا در یک بخش خاص اتفاق می افتد ارائه می‌دهد که مبنای شواهدی را برای طرح این سوال تشکیل می‌دهد که "در کجای زنجیره ارزش باید اقدام کرد؟" بدین ترتیب نقاط مداخله یا نقاط مهم در طول زنجیره ارزش شناسایی می‌شوند. نقطه/ مرحله اصلی به‌عنوان یک جزء از سیستم در نظر گرفته می‌شود که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به استفاده از منابع طبیعی و تأثیرات مرتبط با آن یا به‌عنوان محرک اقدامات ناپایدار یا مانعی برای اقدامات پایدار در نظر گرفته می‌شود و می‌توان برای کاهش آن اقدام کرد.

سؤال «کجا باید عمل کرد؟»، در زمینه مدیریت منابع طبیعی، می‌تواند به این موارد تقسیم شود: چه منابعی استفاده می‌شوند و/یا باعث تأثیر می‌شوند؟ آن‌ها در کجا مورد استفاده قرار می‌گیرند (کدام مرحله از زنجیره ارزش، کدام مکان، یا کدام بازیگران؟) چگونه از آن‌ها استفاده می‌شود؟ چرا از آن‌ها استفاده می‌شود؟

مرور کلی در یک بخش معین از داده ها و اطلاعات در مورد زنجیره ارزش و سیستم ممکن است شکاف‌های اطلاعاتی کلیدی را نیز برجسته کند، که به اندازه تدوین اقدامات اولویت‌دار مهم است.

۲-۱۱-۹-۲- مرحله دوم: تجمیع اقدامات موجود و شناسایی فرصت‌ها برای رسیدگی به نقاط حساس شناسایی‌شده

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱. رسم نقشه فعالیت های و نوآوری های همه بازیگران موجود در رابطه با نقاط اصلی

این مرحله مشخص می‌کند که چه کسی بر روی چه چیزی عمل می‌کند. ابتکارات مختلف توسط بازیگران مختلف در امتداد زنجیره ارزش در هر بخش مشخص در حال انجام است. نقشه‌برداری از اطلاعات موجود در مورد اقدامات موجود همه بازیگران در طول مراحل زنجیره ارزش و در رابطه با نقاط حساس شناسایی‌شده، انجام می‌شود که شامل تغییرات در شیوه‌ها، ابزارها یا منابع و ابتکارات است. هم‌چنین شامل نقشه‌برداری از سیاست‌های موجود، در رابطه با پیامدهای آن‌ها برای مراحل کلیدی و بازیگران زنجیره ارزش در رابطه با نقاط حساس شناسایی‌شده است.

۲. شناسایی شکاف ها و فرصت ها

نقشه‌برداری از ابتکارات (سیاست‌ها، فعالیت‌ها، منابع) از همه بازیگران زنجیره ارزش که به نقاط/ مرحله اصلی توجه می‌کنند، مبنایی را برای شناسایی موراد زیر بیان کند:

- این که چه ابتکاراتی در حال حاضر به نقاط/ مرحله های اصلی پرداخته‌اند و می‌توان برای تأثیر بیشتر مورد استفاده قرار داد.
- شکاف های عمده در زنجیره ارزش یا درک نقاط مهم و مبادلاتی که شایسته توجه ویژه است.

۳-۱۱-۹-۲- مرحله سوم: تعیین دستور کار مشترک و اولویت‌بندی اقدام برای رفع شکاف شناسایی‌شده

۱. تعریف یک دستور کار مشترک برای اعمال همسویی برای همه بازیگران مشترک زنجیره ارزش

این مرحله یک دیدگاه مشترک برای تغییر را مشخص می‌کند. دستور کار مشترک، همه بازیگران را با یک دیدگاه مشترک برای تغییر، که شامل درک مشترک از مشکل و رویکرد مشترک برای حل آن است، هماهنگ می‌کند. این امر از طریق یک فرایند مشارکتی انجام خواهد شد که سهامداران مختلف را در سراسر زنجیره ارزش درگیر می‌کند. حرکت به سمت پایداری مطلوب، از جمله از طریق تغییرات ساختاری و مدل‌های چرخشی، نیازمند یک رویکرد جامع شامل بازیگران در همه اندازه‌ها و از همه بخش‌های بازار است.

۲. شناسایی اقدامات اولویت‌دار برای بازیگران زنجیره ارزش بر اساس نقاط/ مرحله اصلی، فرصت‌ها، شکاف‌ها و مبادلات شناسایی‌شده

این مرحله مشخص می‌کند که چه کاری، توسط چه کسی و چگونه انجام شود. بر اساس دستور کار مشترک و نقاط مهم کلیدی که نیاز به توجه بیشتری دارند، مشاوره‌های چندجانبه با بازیگران در سراسر زنجیره ارزش، اولویت‌بندی اقدامات را برای بازیگران زنجیره ارزش ممکن می‌شود.

۱۲-۹-۲- مثال هایی از زنجیره ارزش

بنابراین شناسایی زنجیره ارزش و رویکرد زنجیره ارزش کمک میکند تا دیدگاه مناسبی نسبت به هر یک از عوامل زنجیره تایمن و سایر عوامل داشته باشیم. برای موفقیت یک کسب و کار، درک درست و تحلیل درست زنجیره ارزش به شناسایی وضعیت حال حاضر و برنامه ریزی برای توسعه آن کمک میکند. استفاده از زنجیره ارزش در کسب و کارهای مختلف بسیار رایج است.

زنجیره ارزش تولید انرژی زیستی از زیست‌توده و ضایعات زیست‌تخریب‌پذیر

https://heiatelmi.ir

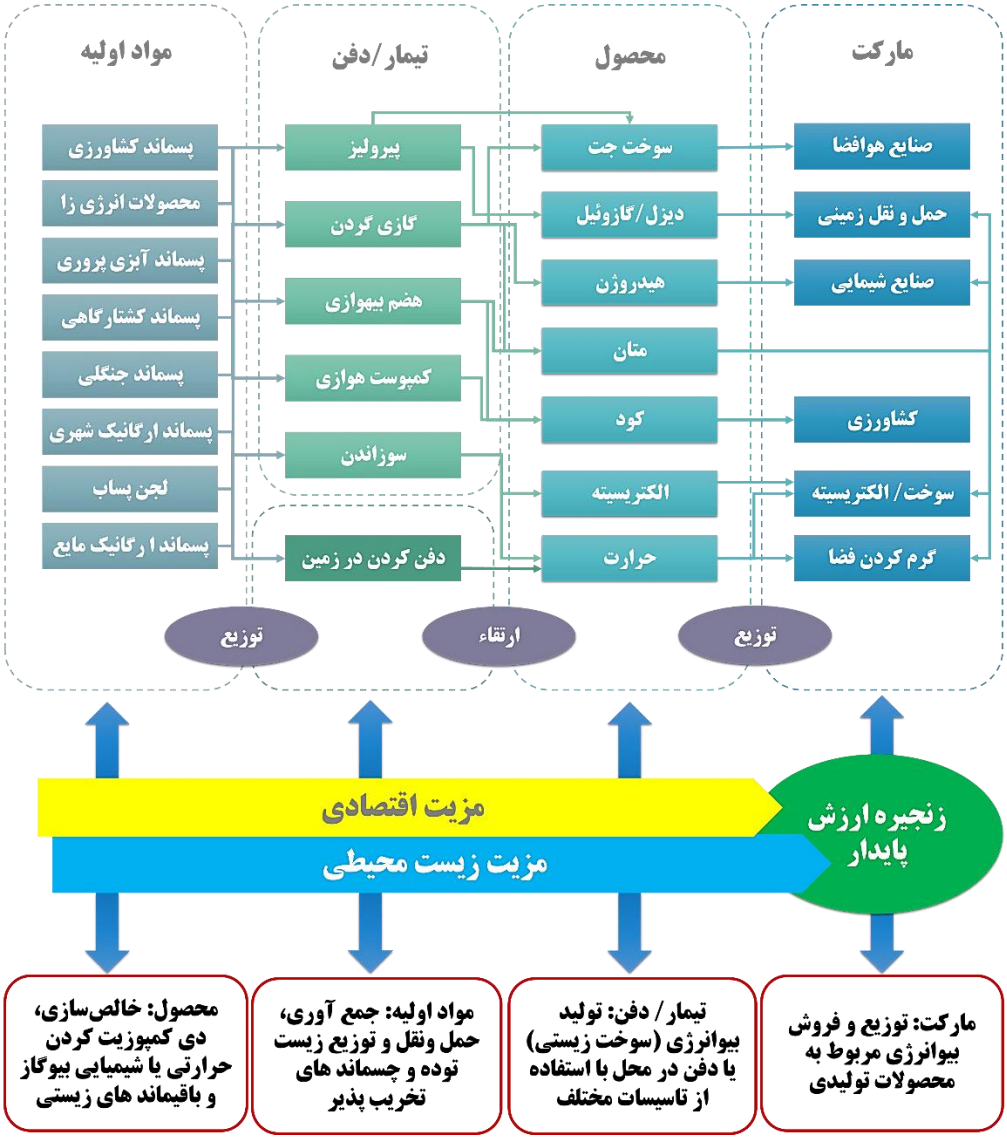
به‌عنوان مثال زنجیره ارزش تولید انرژی زیستی از زیست‌توده و ضایعات زیست‌تخریب‌پذیر به طور گسترده در ادبیات مدل شده است. تولید انرژی زیستی از زیست‌توده، مزایای اقتصادی را به همراه دارد و در عین حال ضایعات را کاهش می‌دهد. با این حال، در ادبیات توجه به منافع اقتصادی و زیست‌محیطی در زنجیره ارزش تولید انرژی زیستی متمرکز نشده است. به منظور پر کردن شکاف ادبیات، یک مدل زنجیره ارزش کلی از تولید انرژی زیستی از زیست‌توده و زباله های زیست‌تخریب‌پذیر در شکل ارائه شده است.

برداشت و جمع‌آوری زیست‌توده و پسماندهای زیست‌تخریب‌پذیر از بخش‌های مختلف: خوراک اصلی تولید انرژی زیستی شامل بقایای کشاورزی، بقایای جنگلی، بقایای چوبی ممنوعه، بقایای ماهیگیری، ضایعات کشتار، کود حیوانی، پسماندهای زیست‌تخریب‌پذیر شهری و لجن فاضلاب جمع‌آوری می‌شود.

ذخیره‌سازی و توزیع میانی زیست‌توده و زباله های زیست‌تخریب‌پذیر: حمل و نقل جاده ای انعطاف پذیرترین و متداول ترین راه برای توزیع زیست‌توده و زباله‌های زیست‌تخریب‌پذیر است. با این حال، وسایل دیگری مانند قطار و کشتی نیز به‌ویژه برای مقادیر زیادی از زیست‌توده و زباله‌های زیست تخریب‌پذیر که در مسافت‌های بسیار طولانی حمل می‌شوند به دلیل هزینه‌های نسبتاً پایین قابل استفاده هستند.

تولید انرژی زیستی یا دفع مناسب زیست‌توده و پسماندهای زیست‌تخریب‌پذیر: مهمترین فرایند ایجاد ارزش است که «مواد خام» را به «محصول نیمه‌آماده» تبدیل می‌کند. فناوری‌های اصلی عبارتند از گازسازی، پیرولیز، کمپوست هوازی، هضم بی‌هوازی، احتراق مستقیم و دفن زباله.

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۱-۲) زنجیره ارزش تولید بیوانرژی از زیست‌توده و ضایعات تخریب پذیر

تصفیه و ارتقاء انرژی زیستی تولید شده: این مرحله یک فرایند ارزش‌افزوده حیاتی است که "محصول نیمه -آماده" را به "محصول نهایی" تبدیل می‌کند. بیوگاز و سوخت زیستی تولید شده از مرحله قبل به دلیل ترکیب شیمیایی پیچیده و راندمان پایین نمی‌توانند مستقیماً به بازار ارسال شوند، بنابراین تجزیه حرارتی و شیمیایی، تصفیه و ارتقاء در این مرحله ضروری است. علاوه بر این، مدل به حداکثر رساندن ارزش تولید انرژی زیستی است، بنابراین استفاده از گاز محل دفن زباله در این مدل زنجیره ارزش در نظر گرفته شده است.

توزیع و فروش انرژی زیستی و سایر محصولات جانبی در بازار: این مرحله نهایی زنجیره ارزش تولید انرژی زیستی است که در نهایت ارزش آفرینی از تولید انرژی زیستی محقق می‌شود. بیوگاز، سوخت زیستی و استراحت زیستی را می‌توان در بسیاری از بخش‌های مختلف از جمله حمل و نقل، صنعت هوانوردی، صنایع شیمیایی، کشاورزی، تولید برق و گرمایش فضا استفاده کرد.

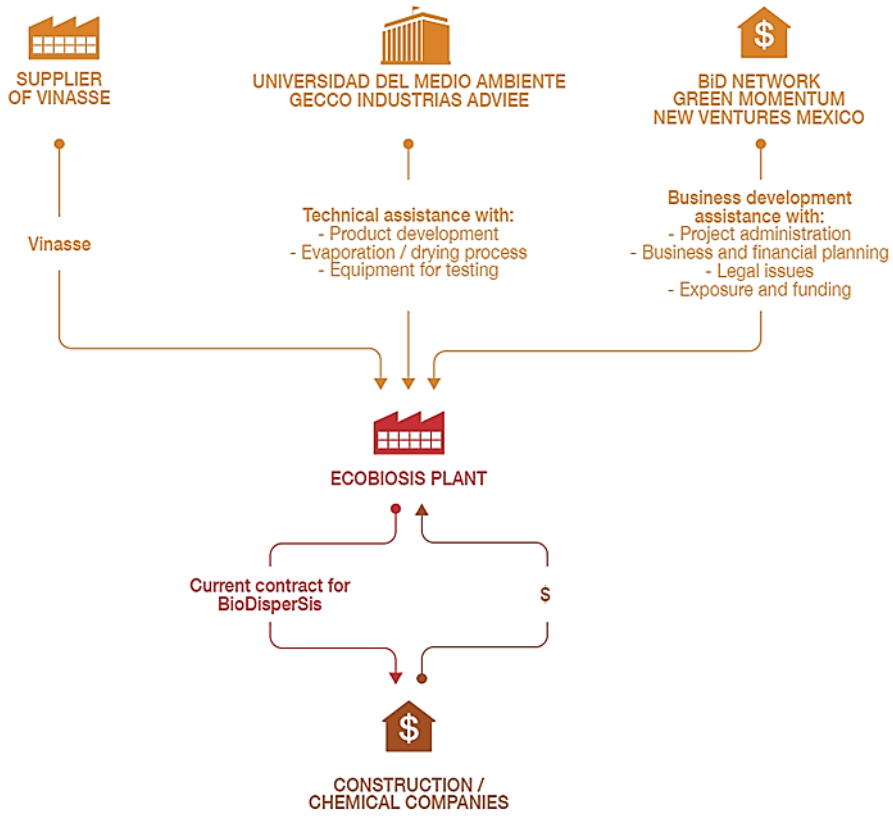
زنجیره ارزش تولید بایندر آلی از ویناس کارخانه الکل‌سازی

نمونه‌ای از زنجیره ارزش، زنجیره ارزش مربوط به تولید بایندر Biosis از ویناس صنایع الکل‌سازی است. پیش‌ماده‌ی ویناس برای اولین‌بار در کشور مکزیک توسط استارت-آپ (Eco Biosis) تولید شد. Eco Biosis S.A(Eco Biosis) یک شرکت

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مکزیکی خصوصی است که در سال ۲۰۱۱ تأسیس شد و یک فرایند نوآورانه برای تولید افزودنی شیمیایی، بایندر آلی با نام تجاری (BioDisperSis VC) از ضایعات ویناس تولید شده در تولید الکل را به ثبت رسانده است. BioDisperSis VC® را برای استفاده به‌عنوان نرم‌کننده سیمان در صنعت ساختمان استفاده می‌شود. کارخانه Eco Biosis در کنار یک کارخانه تقطیر الکل قرار دارد که ضایعات ویناس باقی‌مانده پس از تقطیر الکل نیشکر را فراهم می‌کند. Eco Biosis ویناس را به‌صورت رایگان از کارخانه تقطیر دریافت می‌کند؛ زیرا هزینه را جبران می‌کند. علاوه بر این، تمام آب استخراج شده از ویناس در طول فرایند Eco Biosis به کارخانه‌های تقطیر بازگردانده می‌شود و در نتیجه مصرف کلی آب را کاهش می‌دهد. شکل زیر زنجیره ارزش این شرکت را نمایش می‌دهد. این زنجیره ارزش شامل ۳ حوزه کلی (۱) تامین کنندگان مواد اولیه شامل ماده اولیه، تامین کنندگان تجهیزات و فناوری ها و تامین کنندگان مالی، (۲) تولید محصول و (۳) خلق ارزش یا همان تولید ارزش یا ایجاد سود است. این زنجیره ارزش در کتاب Resource Recovery from Waste رسم شده است. این کتاب به بررسی زنجیره های ارزش شرکت‌های نوآور جهان در زمینه بازیابی و تولید محصولات با ارزش‌افزوده از پسماندهای مختلف پرداخته است. در ادامه گزارش برای رسم زنجیره ارزش برای صنایع و محصولات مختلف نیشکر، از این مبنا استفاده شده است.



شکل (۱۲-۲) زنجیره ارزش شرکت Biosis برای تولید بایندر آلی از ویناس کارخانه الکل‌سازی

۱۳-۹-۲- جمع‌بندی

طبق بیان پورتر، زنجیره ارزش برای توصیف کلیه فعالیت‌های کسب و کار مورد نیاز جهت ایجاد یک محصول از ابتدا تا پایان استفاده می‌شود (به‌عنوان مثال طراحی، تولید، توزیع و غیره) {, #۲۸۰;, #۲۷۹;278# ,Porter, 1985}.

هر شرکت مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی است که برای طراحی، تولید، بازاریابی، ارائه و پشتیبانی محصول آن انجام می‌شود. تمام

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

این فعالیت‌ها را می‌توان با استفاده از یک زنجیره ارزش نشان داد که در شکل نشان داده شده است. زنجیره ارزش یک شرکت و روشی که آن فعالیت‌های فردی را انجام می‌دهد، بازتابی از تاریخ، استراتژی، رویکرد آن به اجرای استراتژی، و اقتصاد زیربنایی خود فعالیت‌ها است {, #۲۸۰;, #۲۷۹;278# 1985 ,Porter}.

اهمیت زنجیره ارزش در ایجاد مزیت رقابتی است. فعالیت‌هایی که در این راستا انجام می‌شوند، به ارزیابی کسب‌وکار، توانایی و نحوه بهبود آن و روش‌های افزایش ارزش کمک می‌کنند. حاشیه سود محصول از تفاوت دو مولفه ارزش نهایی محصول و هزینه‌ای که بابت ایجاد ارزش صرف شده‌است، بدست می‌آید. در واقع تفاوت بین ارزش، یعنی آنچه خریداران حاضرند برای یک محصول یا خدمات بپردازند و هزینه انجام فعالیت های مربوط به ایجاد آن، سود را تعیین می‌کند. زنجیره ارزش راه دقیقی برای درک منابع ارزش خریدار که قیمت بالاتری دارند و اینکه چرا یک محصول یا خدمات جایگزین دیگری می‌شود، فراهم می‌کند.

بنابراین درک و رسم زنجیره ارزش برای هر محصول و یا صنعت بسیار مهم و حیاتی است زیرا می‌تواند منجر به توسعه پایدار و سوددهی بالای آن صنعت گردد.

در ادامه گزارش برای رسم زنجیره ارزش برای صنایع و محصولات مختلف نیشکر، از روش به کار رفته رسم زنجیره ارزش مورد استفاده در کتاب Resource Recovery from Waste استفاده شده است.

۲-۱۰- چالش‌ها و گلوگاه‌های توسعه زیست فناوری صنعتی کشور

شرکت‌های تولیدی و صنعتی پیشرفته و نوآور بستر و پیشران توسعه صنعتی و اقتصادی هر کشور را در جهان تشکیل می‌دهند و با تولید و فعالیت، زمینه اشتغالزایی، صادرات و رفاه عمومی را فراهم میآورند؛ بنابراین، توسعه کشور در گرو توسعه اقتصادی و صنعتی است و با توسعه صنعتی است که ایران می‌تواند در توازن قدرت و روند نظم جدید اقتصاد جهانی مؤثر واقع شود و به‌عنوان یکی از قطب‌های صنعتی و اقتصادی پیشرفته ظهور کند. با اینکه پیشرفت‌های خوبی در بسیاری از بخشهای اقتصاد و صنایع کشور ایجاد شده است، اما با توجه به ظرفیت‌های صنعتی کشور، انتظارات علمی و معقول از پیشرفت به طور نسبی برآورده نشده است. می‌توان گفت کشور در زمینه‌های مختلفی مانند پزشکی، تجهیزات پزشکی، صنعت دارو، نظامی، فلزات مانند فولاد و مس، کشتی‌سازی، سیمان، صنعت ریلی، صنعت نساجی، صنعت برق، صنعت پتروشیمی، صنعت نفت و گاز صنایع هوا و فضا، فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، نانوفناوری، الکترونیک و میکروالکترونیک، ، نانوتکنولوژی، سلول‌های بنیادی، پیشرفتهای محسوس و تا حدودی چشمگیر داشته است. اما در حوزه‌ی زیست‌فناوری صنعتی بروز و ظهور کافی را نداشته است. زیست‌فناوری به طور کلی به ۳ دسته‌ی ۱) دارو، درمان و تشخیص، ۲) کشاورزی و نهاده‌های ژنتیک و ۳) زیست‌فناوری صنعتی و محیط‌زیست تقسیم می‌شود.

https://heiatelmi.ir

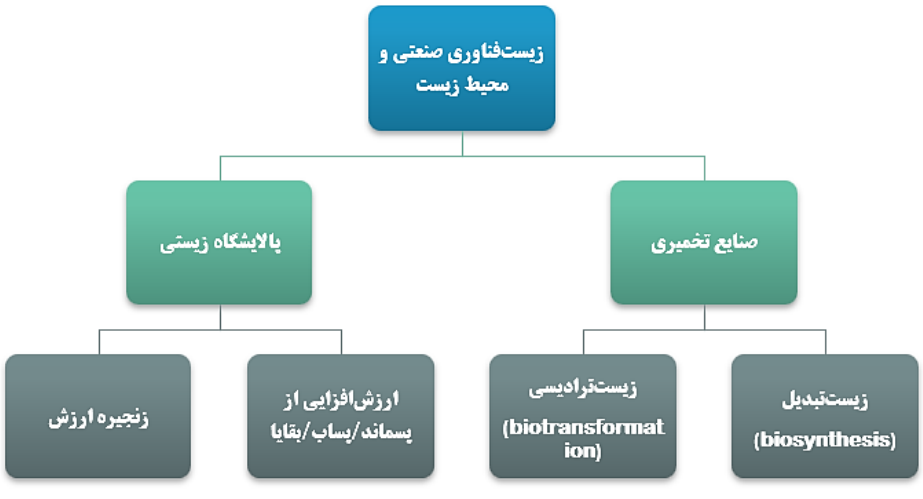
وب سایت هیات علمی



شکل (۱۳-۲) حوزه‌های زیست‌فناوری

وقتی از زیست‌فناوری صنعتی سخن می‌گوییم، از بازار بیش از ۲.۵ میلیارد دلاری در کشور حرف می‌زنیم که فراورده‌های آن روزانه در زندگی همه‌ی مردم مورد استفاده است. بیش از ۹۰٪ این حجم بازار از طریق واردات تامین می‌شود. متاسفانه بخش قابل توجهی از حجم این ارزبری می‌تواند از طریق بهره‌گیری از ابزارهای تولیدی زیست‌فناوری صنعتی در کشور تامین گردد و حتی بازارهای صادراتی برای کشور تشکیل دهد.

زیست‌فناوری صنعتی به طور کل در دو دسته‌ی صنایع تخمیری و پالایشگاه زیستی تقسیم می‌شود. همانطور که در شکل ذیل مشاهده می‌شود، پالایشگاه زیستی با دو حوزه‌ی ارزش‌افزایی از پسماند، پساب و بقایا و تکمیل زنجیره‌ی ارزش در عرصه‌ی زیست‌فناوری صنعتی عرضه اندام می‌کند. نظر به ظرفیت‌های زیادی که در کشور در این حوزه وجود دارد، به اختصار به بررسی دلایل عدم توفیق این حوزه در کشور می‌پردازیم. به صورت مصداقی و ظرفیتی در سایر فصل‌های گزارش، اشاره به توانایی‌ها، پتانسیل‌ها و ظرفیت‌ها شده است. حال به چالش‌ها و موانع بهره‌گیری از این ظرفیت عظیم می‌پردازیم.



شکل (۱۴-۲) حوزه‌های زیست‌فناوری صنعتی

ارائه هر نوع تصویر از نقش و جایگاه بخش صنعت در توسعه پایدار، به طور کلی و بر اساس ضرورت و مبانی استراتژی توسعه صنعتی، نیازمند درک دقیق مفهوم و مبانی توسعه صنعتی و تحولات گذشته و موجود آن و نقش و وضع موجود صنعت در

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اقتصاد کشور و عوامل تأثیرگذار بر آن است. پیدایش فرصتهای جدید به منظور توسعه منطقه‌ای در گرو توسعه صنعتی است. یکی از ابزارهای مهم این توسعه تأسیسات صنعتی است که درگذشته در کشورهای توسعهیافته ظاهر شد{حمیدی, ۱۴۰۰ #۲۸۴}. توسعه همراه با اثرات مثبت خود همواره تأثیرات منفی مستقیم و غیرمستقیم بالقوهای بر محیط اجتماعی و محیطزیستی دارد{جلیلی, #۲۸۵}.

شرکت‌های تولیدی و صنعتی پیشرفته و نوآور بستر و پیشران توسعه صنعتی و اقتصادی هر کشور را در جهان تشکیل می‌دهند و با تولید و فعالیت، زمینه اشتغال‌زایی، صادرات و رفاه عمومی را فراهم می‌آورند. بنابراین، توسعه کشور در گرو توسعه اقتصادی و صنعتی است و با توسعه صنعتی است که ایران می‌تواند در توازن قدرت و روند نظم جدید اقتصاد جهانی مؤثر باشد و به‌عنوان یکی از قطب‌های صنعتی و اقتصادی پیشرفته ظهور کند. پیشرفت صنعتی و اقتصادی در گرو به کارگیری مدیریت شایسته است. شایسته‌پروری و توانمندی سیستم مدیریت و استفاده از مبتکران و نخبگان و هم‌چنین تقویت پژوهش و به تبع آن، افزایش رقابت کشور را در مسیر بهینه و ارتقای قدرت جهانی سوق می‌دهد.

برای دستیابی به اهداف توسعه ملی، بی‌شک راهبرد صنعتی‌سازی نقش بسزایی ایفا می‌کند و اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی خاص خود را بر جای میگذارد. با ورود و توسعه صنعت، پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی نیز در گذر زمان پدیدار می‌شود. به محض اینکه کشورهای در حال توسعه فناوری کشورهای غربی را میپذیرند، ساخت‌های اجتماعی نیز تغییر می‌کند و محیطزیست منطقه نیز از این توسعه تأثیر میپذیرد. توجه به ارزیابی اثرات محیطی و اجتماعی به طور گسترده نیاز در کشورهای در حال توسعه نیاز است؛ زیرا به دلیل توسعه‌نیافتگی اقتصادی و نبود زیرساخت‌های مناسب علمی و فنی، طرح‌های توسعه در این کشورها تأثیر منفی فراوانی بر تنوع زیستی و محیطزیست میگذارد. اهمیت نوآوری در دنیای پرشتاب و متحول کنونی بر کسی پوشیده نیست. نوآوری در فناوری برای شرکت‌هایی که به توسعه و حفظ مزیت رقابتی و یا ورود به بازارهای جدید تمایل دارند اجتناب ناپذیر است و بر اساس مطالعات ، اگر یک سازمان نتواند نوآوری خود را حفظ کند، با شکست مواجه خواهد شد.

توسعه در هر حوزه‌ای ابزارها و لوازم خود را نیازمند است. توسعه‌ی حوزه‌ی زیست‌فناوری صنعتی و به طور خاص، پالایشگاه‌های زیستی در کشور در دو غالب کلی صورت‌پذیر است. رویکرد اول توسعه‌ی فناوری‌ها در داخل کشور است و رویکرد دوم انتقال فناوری‌های اقتصادی از کشورها و شرکت‌های بین‌المللی صاحب فناوری است. رویکرد اول رویکردی زمانبر و نیازمند مدل‌های موفق تجربه‌شده است. رویکرد دوم علی‌رغم صرفه‌جویی در زمان، می‌تواند هزینه‌های بیشتری را تحمیل کند و هم‌چنین در صورت عدم تحویل مناسب فناوری و یا عدم پشتیبانی مناسب، می‌تواند نقض غرض شده و آسیب‌های سنگینی را به کشور تحمیل کند. ابزارهای توسعه‌ی پالایشگاه‌های زیستی را می‌توان در شش گروه و گام اصلی تقسیم‌بندی کرد:

۱. تدوین اولویت‌ها و موضوع شناسی
۲. زیرساخت مناسب تحقیق و توسعه‌ی سطوح آمادگی فناوری
۳. آموزش نیروی انسانی متخصص مورد نیاز صنعت
۴. ایجاد و یا توسعه‌ی بازار
۵. روش‌های تامین مالی
۶. پیوستگی بین اجزا اکوسیستم

تدوین ساز و کار و به اصطلاح تدوین و تشکیل زمین بازی مهره‌های مختلف که شامل فناور، سرمایه‌گذار، تامین‌کنندگان مواد

https://heiatelmi.ir

اولیه، شـــرکت‌های تجهیزاتی، ســـازمآن‌های نظارتی و قانون‌گذار، مراکز علمی و تحقیقاتی، مراکز توســـعه بازار و... کار دولت و حاکمیت اسـت. در کشـور ما در زمینه‌ی زیسـت‌فناوری و به طور خاص پالایشـگاه‌های زیسـتی جزو رسـالت‌های ماهوی سـتاد توسعه‌ی زیست‌فناوری است.

در **گام اول** شـــناخت و تعریف دقیق نیاز که از طریق تعامل تنگاتنگ با صـــاحبان صـــنایع، واردکنندگان مواد اولیه، مراکز مطالعهاتی و آینده‌پژوهی بازار و سـیاسـت‌های کلی و اسـناد بالادسـتی کشـور حاصـل می‌شـود. در این بین موضـوعات و مسـائل واقعی و مبتلا به کشـور احصـاء شـده و با تعریف و اعلام روشـمند آن‌ها به بازیگران تخصـصـی خود، رسـالت سـتاد توسـعه در این بخش انجام می‌شود.

در **گام دوم** زیرسـاخت‌های مناسـب و تحقیق و توسـعه و جهت ارتقا سـطوح آمادگی فناوری از موضـوع تا بازار اسـت. مفهومی به نام دره‌ی مرگ در توسـعه‌ی سـطح آمادگی فناوری‌های حوزهای تولیدی مواد اولیه خصـوصـا پالایشـگاه‌های زیسـتی معرفی شـده است. این مفهوم به صورت تجربی از بررسی تعداد زیادی شرکت حاصل شده است. در توسعه‌ی سطوح آمادگی فناوری از سطح ۴ (پایان بهینه‌سازی‌های آزمایشگاهی) تا سطح ۷ شروع فرایندهای عرضه محصول به بازار و فروش، خلا جدی وجود دارد که به علت نبود زیرساخت‌های مناسب، بسیاری از موضوعات و شرکت‌های در مسیر توسعه محکوم به شکست خواهند بود. راهکار پیشـنهادی توسـعه‌ی مراکز تخصـصـی پایلوت اسـت. دو غالب ۱) مراکز توسـعه و تولید قراردادی یا CDMO و ۲) مراکز خدمات تحقیقات و تولید قراردادی یا CRAMS راه حل قابل اعتمادی برای پوشش این خلا خواهند بود.

مراکز CRAMS به طور تخصـصـی در حوزه توسـعه R&D تخصـصـی فعالیت دارند. آن‌ها معمولا به شـرکت‌های دیگر خدمات تحقیقات و توسعه ارائه می‌دهند و در بسیاری از موارد، تمرکز آن‌ها بر روی مرحله ابتدایی توسعه محصولات است.

مراکز CDMO تمرکز اصلی بر تولید دارند. در این مراکز تولید به‌عنوان یک خدمت شـناخته میشـوند. آن‌ها به شـرکتهای دیگر خدمات تولید محصوالت نهایی یا محصوالت با مقیاس نیمه صنعتی ارائه میدهند. این شامل تولید فازی و مقیاس‌پذیر است.

علاوه بر شـرکت‌های کوچک فناور، شـرکت‌های بزرگ، علیرغم دسـترسـی به دارایی‌های مناسـب، به دلیل فقدان منابع انسـانی خبره در حوزه مدیریت دانش و نوآوری، در دسـتیابی به منابع نوآوری، فناوری‌های جدید و کسـب مزیت رقابتی در بازار، دچار مشکل جدی هستند. دراین راستا CDMO و CRAMS ها با ایجاد تعاملی اثر بخش با مراکز علمی از طریق تحقیقات قراردادی راهکار غلبه بر چنین چالشـــی هســـتند. به عبارت دیگر CDMO و CRAMSها به‌صـــرفه‌ترین، ســـهل‌ترین، کم هزینه‌ترین و سـریع‌ترین مسـیر را پیش‌روی شـرکت‌های صـنعتی و فناوران جهت کاهش دغدغه‌های شـرکت‌های فناور کوچک و متوسـط مقیاس (SME) و کسـب وکارهای بزرگ (LB) در دسـترسـی به دانش و فناوری جدید، شـبکه فناوران، هزینه بالای تحقیق و توسعه، کاستی‌های فرایند تجاری‌سازی و ... قرار می‌دهند. این مراکز مدل ارتقا یافته‌ی مفهوم Labsnet در توسعه‌ی طرح‌های آزمایشگاهی است که با کاهش هزینه‌های آنالیز، نقش به سزایی در توسعه‌ی طرح‌های آزمایشگاهی داشته است. این مدل برای توسعه‌ی طرح‌های اقتصادی در قالب CDMO و CRAMS قابل پیگیری و اجراست.

در **گام سـوم** توسـعه‌ی نیروی انسـانی متخصـص در صـنایع هدف خودنمایی می‌کند. در ابتدا رسـالت دانشـگاه‌ها و مراکز عالی آموزش علمی- تخصـصـی نیرو انسـانی بود لکن به علت سـیاسـت‌های نامناسـب و یک سـو، این مراکز رسـالت آموزش خود را کمرنگ کرده و به پژوهش پرداخته‌اند. هر موضوعات پژوهش هم ارتباط معناداریبا نیازهای صنعت نداشته و از این رو سرمایه‌ی اصلی هر کشور و شرکت که نیروی انسانی متخصص خود باشد را به تدریج از مسیر صنعت و توسعه نیازهای صنعتی دور کرده و با مفاهیم پژوهشـی، مسـیر خروج نیرو از کشـور را فراهم آورده اسـت. هرچند تنها دلیل خروج نیروهای انسـانی متخصـص از

وب سایت هیات علمی

کشور، این موضوع نیست لکن تاثیر به‌سزایی در این امر دارد. طبق گفته‌ی صاحبان صنایع و فعالان صنعتی، نیازمندی‌های صنعت توسط نیروی انسانی موجود تامین نمی‌شود و در برخی صنایع و حوزه‌ها نظیر صنایع تخمیری و مهندسی فرایندهای زیستی ، اساسا تعداد نیروهای موجود و فعال هیچ تناسبی با وضع کنونی و نیاز کشور ندارد. از این رو یکی از بزرگترین چالش‌های حال حاضر در وهله‌ی اول آموزش تخصص‌محور و در وهله‌ی دوم سوق‌دادن نیروها به مراکزی که نیازمند به حضور این نیروها هستند است.

گام چهارم مبحث بازار است. بسیاری از محصولات در کشور به دلایل مرتبط با بازار نظیر کوچک بودن بازار برای راه‌اندازی واحد اقتصادی، قیمت‌گذاری دستوری، سوبسیدهای دولتی سنگین جهت پایین نگه داشتن قیمت برخی محصولات نسبت به قیمت جهانی، عدم ارتباطات موثر صادرات‌محور بین‌المللی، عدم اطلاع از استانداردهای بازارهای صادراتی، عدم توجه به جایگزین‌ها در برخی حوزه‌ها از مواردی مهم در این موضوع است. برای مثال در حوزه‌ی سوخت بنزین، قیمت آن در کشورهای مختلف بین ۰.۶ تا ۲.۸۸ دلار به ازای هر لیتر است در صورتی‌که قیمت بنزین در کشور ما ۰.۰۶ دلار است و این فاصله توسط دولت در قالب سوبسید پر می‌شود. این مساله باعث شده است تا تولید سوخت‌های زیستی در کشور ما علی‌رغم ناترازی، به دلیل غیر اقتصادی بودن رشد نیابد و ظرفیت‌های گسترده‌ای در این موضوع مغفول بماند. از این دست مصادیق بسیار است. نکته‌ی دیگر در این بحث، تفاوت حد اقتصادی ظرفیت تولید و حد نیاز بازار کشور است. در بسیاری از کشورهای سازمآن‌های مختلفی مسئولیت فروش مازاد نیاز تولیدکنندگان را به عهده گرفته‌اند. برای مثال سقف نیاز کشور به لیزین ۲۰هزار تن است در صورتی‌که کف ظرفیت اقتصادی آن ۵۰هزار تن است. این فاصله با علم به استراتژیک بودن این اسید آمینه برای کشور موجب شده است امکان تولید این محصول در کشور به دلایل بازار سلب گردیده است.

در **گام پنجم**، موضوع تامین مالی طرح شده است. نظر به اینکه بسیاری از محصولات ما حصل زیست‌فناوری صنعتی و پالایشگاه‌های زیستی محصولات فناورانه هستند و ریسک سرمایه‌گذاری در این حوزه بر کسی پوشیده نیست، نیازمند استفاده از روش‌های تامین مالی خطر پذیر است. در کشور ما اسم صندوق‌های بسیاری خطر پذیر است ولی در عمل این صندوق‌ها ریسک سرمایه‌گذاری را نمی‌پذیرند که این موجب آسیب‌های جدی به طرح‌های این حوزه خواهد شد و شده است.

گام ششم که آخرین گام و در عین حال مهم‌ترین گام است، پیوستگی و ارتباط درون ساختاری بخش‌های مختلف است. به طور مثال این که چه طرحی با چه ویژگی‌های فنی در چه قالبی به چه فردی و سازمانی در چه زمانی با چه داده‌هایی با چه کمک‌ها و حمایت‌هایی ارائه شود، سوال اصلی بسیاری از فعالان این حوزه است. وجود فرمت‌ها و قالب‌های مشخص و منتورینگ‌های تخصصی، موضوع‌شناسی و اغنا صاحب مساله، هم ادبیات‌کردن شخصیت‌های دخیل در یک پروژه و... از خلا و چالش‌های اصلی است که می‌توان گفت اهمیت آن از پنج مورد یاد شده بیشتر است. نبود این مهم، منجر به توسعه‌ی ناقص و نامتوازن در حوزه شده است.

به اختصار مواردی نظیر موارد بیان شده چالش و گلوگاه اصلی توسعه در کشور هستند:

- نبود و عدم شفافیت چالش‌ها و نیازمندی‌های صنعت کشور
- نبود زیرساخت‌های تخصصی توسعه‌ی فنی طرح
- عدم دسترسی مناسب و متوازن به نیروهای متخصص
- عدم حمایت و تامین بازار مناسب برای محصولات توسعه یافته
- تامین مالی پروژه‌های با ریسک بالای فناوری

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- نبود و ضعف جدی ساختارهای هماهنگ کننده بین سازمانی

در صورت ارائه‌ی راه‌حل‌های تخصصی و به فراخور موضوع و حوزه می‌توان گلوگاه‌ها و چالش‌های پیش روی توسعه‌ی حوزه‌ی پالایشگاه‌های زیستی را مرتفع نمود.

۲-۱۱- نقشه ذی نفعان توسعه حوزه درکشور

هنگامی که سخن از توسعه به میان می‌آید، توجه به ذی‌نفعان موضوع اهمیت زیادی پیدا می‌کند. در تمامی کشورهای دنیا و در برنامه‌ریزی‌هایی که با هدف توسعه یک بخش صورت می‌پذیرد، همواره به ذی‌نفعان توجه ویژه‌ای می‌شود. نقش و اهمیت ذینفعان به‌عنوان افراد، گروه ها و سازمآن‌هایی که منافعی دارند و پتانسیل تاثیرگذاری بر اقدامات و اهداف یک پروژه و یا رویکرد توسعه‌ای را دارند، برای مدیران، سیاستگزاران و محققان روشن است. ضعف یا عدم مدیریت ذی‌نفعان می‌تواند برای پروژه و طرح مخرب بوده و مشکلاتی نظیر بروز اختلاف و تضاد با جامعه، پیچیده شدن فرایند تصمیم گیری ها در پروژه، بروز تاخیرات و افزایش هزینه های اجرا و خدشه دار شدن اعتبار و سابقه افراد را بوجود آورد.

با توجه به اهمیت این امر در این طرح مطالعاتی به صورت مختصر ذی‌نفعان اصلی طرح معرفی گردیده و مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه تمامی ذی‌نفعان اصلی معرفی گردیده و در نهایت در ماتریس علاقه و قدرت که به منظور تحلیل ذی‌نفعان مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که ما در اینجا ذی‌نفعان اصلی حوزه زیست فناوری صنعتی در کشور را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در همین راستا ذکر چند نکته ضروری می‌باشد:

نکته اول: همانطور که می‌دانیم در هر سازمان مجموعه‌ای از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها تعریف شده است. ما در بررسی میزان انطباق این موارد با توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی، از بخشی استفاده می‌کنیم که واضح و روشن تبیین شده است.

نکته دوم: بررسی میزان انطباق اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان با حوزه توسعه زیست فناوری صنعتی بدین صورت انجام می‌شود که مجموعه اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان به علاوه اختیارات و منابع آن سازمان با هم در نظر گرفته می‌شود.

نکته سوم: میزان انطباق کل برای یک سازمان بستگی به این دارد که چه تعداد از کلیدواژه‌های مرتبط با حوزه زیست فناوری صنعتی از جنبه‌های مختلف که در جدول زیر آمده است مطابق با نکته دوم پوشش داده شده است.

نکته چهارم: باید به این نکته توجه کرد که در بسیاری از سازمآن‌ها و دستگاه‌های دولتی کشور، وظایف، اهداف و ماموریت‌های بسیار کلی عنوان شده است و یا در تعریف آن‌ها دقت لازم به کار برده نشده است. هم‌چنین در بسیاری از موارد برخی از دستگاه‌های دولتی اختیاراتی را به دست آورده‌اند که از طریق یک آیین‌نامه یا قانون بعدها به آن‌ها داده شده است. لذا در اینجا علاوه بر رجوع به اهداف، وظایف و ماموریت‌های هر سازمان یا دستگاه دولتی، با در نظر گرفتن اختیارات و ماموریت‌ها و وظایف قانونی، کلیدواژه‌های پوشش داده شده از این طریق نیز مورد توجه قرار گرفته است.

جدول (۱-۲) کلیدواژه‌های حوزه زیست فناوری صنعتی

کلیدواژه‌های حوزه پالایشگاه زیستی				
توسعه روستایی	مدیریت زیست‌توده	ارزش افزایی	تکمیل زنجیره ارزش	اشتغال‌زایی
صنایع تبدیلی	زیست‌فناوری	انرژی‌های تجدیدپذیر	دام، طیور و آبزیان	اقتصاد دانش‌بنیان
فناوری و نوآوری	پساب و پسماند	اقتصاد غیرنفتی	صادرات غیرنفتی	امنیت غذایی
اقتصاد چرخه‌ای	فرایندهای تخمیری	فراوری زیستی	محیط‌زیست و آب	توسعه پایدار

نکته چهارم: میزان تطابق به شرح جدول زیر برای هر ذی‌نفع تعیین می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۲-۲) میزان تطابق کلیدواژه با توسعه حوزه پالایشگاه زیستی

ردیف	تعداد کلیدواژه‌های تحت پوشش	میزان تطابق با توسعه حوزه پالایشگاه زیستی
۱	تعداد ≤ ۱۰	بسیار زیاد
۲	۱۰ > تعداد ≤ ۷	زیاد
۳	۷ > تعداد ≤ ۵	متوسط
۴	۵ > تعداد	کم

۱-۱۱-۲- معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری

این معاونت را می‌توان اصلی‌ترین ذی‌نفع توسعه زیست فناوری صنعتی در کشور دانست. این موضوع با توجه و دقت در اهداف این معاونت می‌توان درک نمود. در ادامه اهداف این معاونت در جدول زیر آورده شـــده اســـت. بخش‌هایی که ذیل آن‌ها خط کشیده شده است بیانگر مرتبط بودن آن هدف یا وظیفه با توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی می‌باشد.

جدول (۳-۲) اهداف معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری

	معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ ارتقای تولید ثروت از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور ✓ ارتقای زیست‌بوم نوآوری و شتاب‌دهی اقتصاد دانش‌بنیان ✓ تحقق مرجعیت علمی، افزایش سهم اقتصاد دانش‌بنیان پژوهشی از تولید ناخالص داخلی و مصرف بهینه منابع ✓ گسترش حمایت از توسعه اقتصاد دانش‌بنیان و حمایت از نوآوری و پژوهش های مسأله محور	ارزش‌افزایی - تکمیل زنجیره ارزش - صنایع تبدیلی - زیست‌فناوری - انرژی‌های تجدیدپذیر - دام، طیور و آبزیان - اقتصاد دانش‌بنیان - فناوری و نوآوری - اقتصاد غیرنفتی - صادرات غیرنفتی - امنیت غذایی - فرایندهای تخمیری - فراوری زیستی - محیط‌زیست و آب

۲-۱۱-۲- ستاد توسعه زیست‌فناوری

به دلیل ماهیت زیستی بسیاری از فرایندها در دستیابی به محصولات با ارزش‌افزوده در حوزه زیست فناوری صنعتی از یک‌سو و اهمیت مسئله زیست‌توده از سوی دیگر، این ستاد می‌تواند نقش مهمی در امر توسعه زیست فناوری صنعتی ایفا نماید.

جدول (۴-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها ستاد توسعه زیست فناوری

	ستاد توسعه زیست فناوری	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ ارتقا دانش و فناوری های زیستی به منظور کسب ثروت و رفاه عمومی ✓ نظارت بر پیشرفت زیست‌فناوری در کشور ✓ هماهنگی ملی و هم‌افزایی منابع و امکانات کشور برای تولید ثروت بیشینه از زیست‌فناوری ✓ کمک به ارتقای سطح علمی و فناوری به‌منظور کسب مقام نخست منطقه و سهم شایسته جهانی ✓ ورود و حمایت از حوزه های فراموش شده و معطل مانده در زنجیره علم تا ثروت در زیست‌فناوری	ارزش افزایی- زیست‌فناوری - دام، طیور و آبزیان - اقتصاد دانش‌بنیان - فناوری و نوآوری - پساب و پسماند - اقتصادی غیرنفتی - فرایندهای تخمیری - فراوری زیستی - محیط‌زیست و آب

۳-۱۱-۲- ستاد توسعه اقتصاد کشاورزی و غذا

یکی دیگر از ستادهای معاونت علمی که می‌تواند در عرصه توسعه زیست فناوری صنعتی نقش ایفا نماید، ستاد توسعه اقتصاد کشاورزی و غذا است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۵-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها ستاد توسعه اقتصاد کشاورزی و غذا

	ستاد توسعه اقتصاد کشاورزی و غذا	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ مردمی سازی اقتصاد دانش بنیان در بخش غذا و کشاورزی ✓ توسعه و تقویت زیست بوم ها و مجتمع های فناوری و نوآوری با رویکرد کنسرسیوم های دانش بنیانی ✓ توسعه بازار اقتصاد دانش بنیان با رویکرد تراز مثبت تجاری در بخش غذا و کشاورزی ✓ ایجاد ظرفیت و برنامه‌ریزی برای ارتقای سهم اقتصاد دانش‌بنیان حوزه غذا و کشاورزی و کاهش وابستگی و هم‌چنین توسعه صادرات	ارزش افزایی - تکمیل زنجیره ارزش - صنایع تبدیلی - دام، طیور و آبزیان - اقتصاد دانش‌بنیان - فناوری و نوآوری - اقتصاد غیرنفتی - صادرات غیرنفتی - امنیت غذایی

۴-۱۱-۲- ستاد توسعه آب، اقلیم و محیطزیست

یکی دیگر از ستادهای معاونت علمی که می‌تواند در عرصه توسعه زیست فناوری صنعتی نقش ایفا نماید، ستاد توسعه اقتصاد آب، اقلیم و محیطزیست است.

جدول (۶-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های ستاد توسعه اقتصاد آب، اقلیم و محیطزیست

	ستاد توسعه اقتصاد آب، اقلیم و محیطزیست	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ توسعه اقتصاد دانش بنیان فناوری های مرتبط با حوزه‌آب، اقلیم و محیطزیست ✓ کمک به توسعه بازار محصولات دانش بنیان حوزه‌آب، اقلیم و محیطزیست ✓ ارتقاء سهم اقتصاد چرخشی، فناوری‌های زیست‌محیطی و اقتصاد سبز در تولید ناخالص ملی ✓ بکارگیری و ترویج فناوری‌های ارتقاء فرایندهای تصفیه آب، فاضلاب و فراوری پسماند ✓ توسعه و ترویج بازار فناوری‌های بهینه سازی و کاهش تلفات. ✓ مدیریت پسماند و اجرای اقتصاد چرخشی در صنایع بزرگ.	ارزش افزایی - انرژی‌های تجدیدپذیر - فناوری و نوآوری - پساب و پسماند - اقتصاد دانش‌بنیان - اقتصاد چرخه‌ای - محیطزیست و آب - توسعه پایدار

۵-۱۱-۲- وزارت جهاد کشاورزی

یکی از اصلی‌ترین وزارت‌خانه‌های مرتبط با توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی در کشور، وزارت جهاد کشاورزی می‌باشد. علت اصلی این امر مدیریت و نظارت بر کل حوزه کشاورزی و در واقع مدیریت کل زیست‌توده در کشور است.

جدول (۷-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های وزارت جهاد کشاورزی

	وزارت جهاد کشاورزی	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ تعیین سیاست‌ها و راهبردهای مربوط به بخش کشاورزی، توسعه و عمران روستاها و مناطق عشایری و هم‌چنین تنظیم و اجرای برنامه‌های توسعه کشاورزی در چارچوب سیاست‌های توسعه پایدار ✓ توسعه و حمایت صنایع تبدیلی و تکمیلی بخش کشاورزی و صنایع روستایی در چارچوب سیاست‌های صنعتی کشور ✓ افزایش بهره‌وری، کاهش ضایعات و بهبود کیفی تولید محصولات و فراورده‌های بخش کشاورزی؛ توسعه کمی و کیفی تولیدات دامی و تدوین و اجرای نظام دامداری کشور و ساماندهی کشتارگاه‌ها	توسعه روستایی - مدیریت زیست‌توده – ارزش‌افزایی - تکمیل زنجیره ارزش – اشتغال‌زایی - صنایع تبدیلی - دام، طیور و آبزیان - اقتصاد غیرنفتی - صادرات غیرنفتی - امنیت غذایی - توسعه پایدار

۶-۱۱-۲- سازمان دامپزشکی

با توجه به اهمیت جایگاه زیست فناوری صنعتی در امر خوراک دام، طیور و آبزیان و هم‌چنین مدیریت ضایعات کشتارگاهی،

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سازمان دامپزشکی از ذی‌نفعان این حوزه محسوب می‌شود.

جدول (۸-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان دامپزشکی

	سازمان دامپزشکی	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ با وجود نقش غیرقابل انکار این سازمان در حیطه نظارت بر کشتارگاه‌ها و ضایعات آن‌ها و همچنین خوراک دام و طیور در کشور، تمامی اهداف و ماموریت‌های رسمی این سازمان در حیطه سلامت دام و طیور و فراورده‌های حاصل از آن است.	مدیریت زیست‌توده - تکمیل زنجیره ارزش - صنایع تبدیلی- دام، طیور و آبزیان

۷-۱۱-۲- سازمان شیلات

با توجه به اهمیت جایگاه زیست فناوری صنعتی در امر خوراک دام، طیور و آبزیان و همچنین مدیریت ضایعات انواع ماهی در کشور، سازمان شیلات از از ذی‌نفعان این حوزه محسوب می‌شود.

جدول (۹-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان شیلات ایران

	سازمان شیلات ایران	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ عدم دسترسی به اطلاعات دقیق و شفاف	مدیریت زیست‌توده - تکمیل زنجیره ارزش - صنایع تبدیلی - دام، طیور و آبزیان

۸-۱۱-۲- سازمان انرژی‌های تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

این سازمان به منظور ارتقای بهره‌وری انرژی و استفاده هرچه بیشتر از منابع تجدیدپذیر و پاک از طریق فراهم نمودن زیرساخت‌های لازم در کشور و افزایش بهره‌وری عرضه انرژی و کاهش تلفات انتقال، توزیع و مصرف انرژی در کشور و استفاده از روش‌های تولید برق تجدیدپذیر و پاک، تشکیل شده است.

جدول (۱۰-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق(ساتبا)

	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق(ساتبا)	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ ارتقای میزان تولید و بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک	انرژی‌های تجدیدپذیر - فناوری و نوآوری - اقتصاد چرخه‌ای - محیط‌زیست و آب - توسعه پایدار

۹-۱۱-۲- سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

این سازمان به دلیل شناخت بسیار دقیق نسبت به صنایع کشور و همچنین اطلاع کامل از ظرفیت‌ها و زیرساخت‌های موجود در شهرک‌ها و نواحی صنعتی کشور، می‌تواند نقش مهمی در توسعه یک بخش جدید در کشور ایفا نماید.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۱-۲) برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌های سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

	سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران	کلیدواژه‌های تحت پوشش
برخی از اهداف، وظایف و ماموریت‌ها	✓ حمایت از بخش خصوصی و هدایت سرمایه گذاران جهت سرمایه گذاری در صنایع کوچک ✓ کمک به توسعه کارآفرینی ✓ نوسازی مستمر صنایع کوچک از ابعاد مختلف ✓ کمک به رشد صادرات صنایع کوچک در بازارهای منطقه ای و جهانی ✓ برنامه ریزی همه جانبه برای تسهیل و تشویق صنایع کوچک برای تبدیل‌شدن به صنایع متوسط و بزرگ ✓ سیاستگذاری ، برنامه‌ریزی و تلاش برای ساماندهی زنجیره تأمین صنایع ✓ برنامه ریزی جهت ارتقاء شاخص های محیط‌زیست از طریق نظارت بر مطالعات زیست‌محیطی شهرک ها و نواحی صنعتی و دریافت مصوبات با هماهنگی و تعامل با سازمان‌های متولی	اشتغال زایی - اقتصاد دانش‌بنیان - فناوری و نوآوری - صادرات غیرنفتی - اقتصاد غیرنفتی - محیط‌زیست و آب

۲-۱۲- نقشه ذی نفعان

با توجه به اینکه هر یک از ذینفعان را به صورت مجزا مورد بررسی قرار دادیم و به صورت کلی اثرگذاری، اختیارات و نقش هر یک از سازمان‌ها و دستگاه‌های دولتی را با توجه به اهداف، وظایف و ماموریت‌ها و همچنین اختیارات پنهانی مورد ارزیابی قرار دادیم، هم‌اکنون می‌توان اقدام به ترسیم نقشه ذینفعان نمود.



شکل (۱۵-۲) نقشه ذی‌نفعان درحوزه پالایشگاه زیستی در کشور

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۱۳- بررسی قوانین و اسناد بالادستی درتوسعه حوزه پالایشگاه زیستی کشور

همانطور که روشن است قوانین و اسناد بالادستی در هر کشوری نقش اساسی در توجه و توسعه یک رویکرد یا موضوع خواهد داشت. در واقع اهداف، وظایف و ماموریت‌های یک سازمان یا دستگاه دولتی بر اساس قانون تاسیس آن سازمان تدوین گردیده است. از سوی دیگر در طول سال‌ها بر اساس تدوین قوانین و تصویب آیین‌نامه‌های متعدد، اختیاراتی به سازمان‌ها داده شده است و در مواردی نیز از آن‌ها اخذ شده است. هم‌چنین معمولا قوانین و اسناد بالادستی در هر کشور، روند و رویکرد بلندمدت آن کشور در توسعه یک بخش را نشان می‌دهد.

در موارد متعددی قوانین و اسناد بالادستی، می‌تواند دست‌آویزی برای جذب منابع انسانی و مالی به منظور توسعه هر چه سریعتر یک امر گردد. توسعه علم و فناوری در کشور نیز از این امر مستثنی نیست و پیگیری و تصویب قوانینی نظیر "حمایت از شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیان و تجاری‌سازی نوآوری‌ها و اختراعات" و "قانون جهش تولید" در مجلس شورای اسلامی موید این امر هستند. در واقع در صورت نبود چنین قوانینی توسعه سریع و معنادار یک امر امکان‌پذیر نخواهد بود.

لذا در ادامه به بررسی قوانین و اسناد بالادستی در کشور پرداخته و هر یک از مواد، تبصره‌ها و ... در این قوانین را که می‌توانند در امر توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی اثرگذار باشند بررسی می‌کنیم. ذکر این نکته ضروری است که در هر قانون یا سند بالادستی، مواردی که به صورت تخصصی‌تر می‌توانند سبب کمک به توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی گردند عنوان شده است و از بیان موارد کلی و عمومی خودداری گردیده شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۲-۲) قوانین و اسناد بالادستی در کشور و ارتباط آن با زیست فناوری صنعتی

قانون برنامه هفتم توسعه		
ماده، تبصره یا بند		
ماده ۲	متوسط رشد صنعت و کشاورزی در طول مدت برنامه به ترتیب ۸/۵ و ۵/۵ درصد	می‌توان نقش زیست فناوری صنعتی در تحقق متوسط رشد عنوان شده را بررسی نمود.
ماده ۵	اشاره به موضوع مردمی سازی اقتصاد	نقش زیست فناوری صنعتی در توسعه کسب و کارها و کارگاه‌های کوچک و متوسط به منظور افزایش نقش مردم
ماده ۶	اشاره به موضوع توسعه اشتغال به ویژه از طریق کارگاه‌های خرد و کوچک با اولویت مناطق محروم و روستایی	وزارت کار، تعاون و رفاه اجتماعی موظف به سهمیه‌بندی دستگاه‌های دولتی نسبت به اشتغال‌زایی خواهد بود که در واقع معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری نیز یکی از دستگاه‌های دولتی می‌باشد. هم‌چنین در همین ماده به نقش نهادهای توسعه‌ای کسب و کار و همکاری با آن‌ها مانند کمیته امداد امام خمینی(ره) و ستاد اجرایی فرمان حضرت امام(ره) نیز اشاره شده است. در واقع همکاری با چنین نهادهایی می‌تواند احتمال جذب منابع دولت در راستای توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی را افزایش دهد. هم‌چنین در بند ب ماده ۶ عنوان گردیده است که هزینه تسهیل‌گری نهادها، از محل تسهیلات اعطایی بوده و معادل ۱ الی ۱/۵ درصد مبلغ تسهیلات خواهد بود.
ماده ۳۲	هدف‌گذاری ضریب خودکفایی محصولات اساسی کشاورزی معادل ۹۰ درصد تا پایان زمان برنامه	با توجه به نقش پالایشگاه زیستی در تکمیل زنجیره ارزش زیست‌توده‌ها و هم‌چنین اهمیت خودکفایی در کشور، می‌توان به منظور افزایش ارزش اقتصادی و هم‌چنین کاهش اثرات زیست‌محیطی، حوزه بیورفاینری را به‌عنوان تکمیل کننده زنجیره و عامل موثر در تحقق هدف تبیین نمود.
ماده ۳۳	آمایش سرزمینی با هدف تحقق ضریب خودکفایی توسط وزارت جهاد کشاورزی	دسترسی به اطلاعات آمایش سرزمینی می‌تواند در امر برنامه‌ریزی و نحوه تمرکز در توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی به شدت موثر واقع شود.
بند ب ماده ۳۶	اشاره به طرح‌های زراعت چوب با هدف عدم بهره‌برداری از جنگل‌ها	اهمیت موضوع و ارتباط مستقیم با حوزه زیست فناوری صنعتی به منظور تکمیل زنجیره ارزش زراعت چوب
ماده ۴۷	اشاره به طرح‌های کلان و پیشران در کشور	اشاره به موضوع ظرفیت تولید پایین دستی زنجیره متانول به مقدار ۷۰۰ هزار تن و ارتباط این امر با موضوع SCP
ماده ۵۶	اشاره به اهداف مرتبط با اقتصاد دریا محور تا پایان برنامه هفتم	دو پارامتر در اینجا می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. افزایش ۳ برابری نسبت ارزش‌افزوده اقتصاد دریا به تولید ناخالص داخلی و میزان ۲/۶ میلیون تن صید محصولات شیلاتی که در هر دو موضوع نقش زیست فناوری صنعتی می‌تواند حائز اهمیت باشد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور		
ماده، تبصره یا بند		
تبصره ۷ ماده ۱	عدم مشمولیت اعضاء هیات علمی در قانون منع مداخله کارکنان دولت به منظور راه‌اندازی شرکت‌های دانش‌بنیان صد در صد خصوصی	استفاده بهتر و بیشتر از ظرفیت اعضاء هیات علمی در توسعه شرکت‌های فعال در حوزه زیست فناوری صنعتی
ماده ۳۲	تشکیل شورای عالی آمایش سرزمین	توجه در استفاده از آمار و اطلاعات در اختیار شورا به منظور بهره‌برداری در برنامه ریزی و توسعه حوزه زیست فناوری صنعتی
ماده ۳۹	عدم دریافت مالیات و عوارض قانون مالیات بر ارزش‌افزوده به منظور ترخیص ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی از گمرک با تشخیص صمت	توجه به منظور بهره‌برداری
ماده ۵۱	اجازه به معاونت علمی به منظور تحقق مرجعیت علمی، افزایش سهم دانش‌بنیان‌ها از تولید ناخالص داخلی و گسترش حمایت از اقتصاد دانش‌بنیان به منظور انجام برخی اقدامات	با توجه به اینکه معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ذیل این ماده به شورا اقتصاد نیز افزوده شده است، می‌توان از ظرفیت‌های این ماده استفاده نمود.
ماده ۶۰	دولت مکلف به تهیه طرح مطالعات جامع کاهش ضایعات کشاورزی و نیز طرح آمایش صنایع تبدیلی و نگهداری محصولات کشاورزی با هدف حمایت از بخش کشاورزی، پایداری تولید، توسعه صادرات و رقابت‌پذیری و کاهش قیمت تمام شده و حمایت از بازسازی و نوسازی و ارتقا فناوری در صنایع کشاورزی شده است.	به علت ارتباط مستقیم پالایشگاه زیستی با اهداف طرح ماده ۶۰ قانون، دسترسی به اطلاعات طرح و هم‌چنین همکاری مستقیم با دستگاه متولی ضروری به نظر می‌رسد.
ماده ۶۱	اقداماتی در جهت حفظ ظرفیت تولید و نیل به خودکفایی در تولید محصولات اساسی کشاورزی و دامی و گسترش کشاورزی صنعتی و دانش‌بنیان	ارتباط مستقیم با موضوع زیست فناوری صنعتی و توجه به بهره‌برداری از ماده قانونی در توسعه این امر
قانون جهش تولید دانش‌بنیان		
ماده، تبصره یا بند		
تبصره ماده ۱	مجاز بودن موسسات و نهادهای عمومی غیر دولتی به منظور اختصاص سالانه بخشی از درآمد و یا امکانات خود برای تکمیل زنجیره ارزش و تولید اقلام راهبردی اولویت‌دار	نقش اساسی موضوع زیست فناوری صنعتی در زمینه تکمیل زنجیره ارزش
بند ب ماده ۱۱	جهت‌دهی حمایت‌های مالیاتی به سمت توسعه نوآوری و اقتصاد دانش‌بنیان	در نظر گرفتن معادل هزینه انجام شده در فعالیت‌های تحقیق و توسعه، به‌عنوان اعتبار مالیاتی با قابلیت انتقال به سنوات آتی برای شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیان با هدف توسعه یک حوزه فناوری
بند الف ماده ۱۲	با هدف توسعه زیست بوم نوآورانه و اقتصاد دانش‌بنیان، استفاده از منابع استانی و اختیارات استانداران با همکاری پارک‌های علم و فناوری	بهترین رویکرد در توسعه زیست فناوری صنعتی ، ارائه پروژه‌ها و طرح‌های بر مبنای ظرفیت‌های محلی و بومی استآن‌ها با هدف منتفع‌سازی ذینفعان دولتی
قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی		
ماده، تبصره یا بند		

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ماده ۱۷	نحوه تامین چهل و نه درصد آورده سهم دولت در تشکیل و افزایش سرمایه صندوق‌های غیردولتی حمایت از توسعه بخش کشاورزی	با توجه به اینکه در تبصره ۱ همین ماده عنوان شده است که این صندوق‌ها مجاز به فعالیت مالی، اعتباری و بازرگانی در بخش کشاورزی و منابع طبیعی و توسعه صنایع تبدیلی و تکمیلی می‌باشد، موضوع تامین مالی طرح‌های زیست فناوری صنعتی را از این طریق نیز می‌توان پیگیری نمود.
ماده ۲۰	به دولت اجازه داده شده است تا در جهت تامین مالی طرح‌های بخش کشاورزی، صنایع تبدیلی و تکمیلی کشاورزی، صنایع غذایی و توسعه صادرات این حوزه، سرمایه خود در بانک کشاورزی را از هشت هزار میلیارد ریال به ۳۰ هزار میلیارد ریال افزایش دهد.	استفاده در جهت تامین مالی طرح‌های حوزه زیست فناوری صنعتی
قانون مدیریت پسماندها		
ماده، تبصره یا بند		
ماده ۱	تعریف انواع پسماند در قانون	جهت توجه و بهره‌برداری
ماده ۷	تعیین مدیریت اجرایی در هر نوع پسماند شامل پسماندهای عادی، پزشکی، ویژه، کشاورزی و صنعتی	جهت توجه و بهره‌برداری

۲-۱۴- بررسی ظرفیتهای خالی با بدون استفاده داخلی

در کشور ظرفیتهای خالی فراوانی وجود دارد که می تواند برای توسعه حوزه های مختلف زیست فناوری صنعتی در کشور استفاده شود. در ادامه به اختصار به ظرفیت های خالی موجود در بخش نیشکر کشور برای تکمیل زنجیره ارزش این صنعت مهم پرداخته شده است. با توجه به اهمیت و لزوم راه اندازی زیست فناوری صنعتی نیشکر و به منظور رفع چالش ها و گلوگاه های توسعه، توجه به ظرفیت‌های خالی و بلااستفاده کشور جهت استفاده از پتانسیل این واحدها و تکمیل زنجیره ارزش نیشکر، حائز اهمیت میباشد. جدول ذیل، ظرفیتهای خالی و بدون استفاده داخلی در صنعت نیشکر کشور را نمایش می‌دهد که پتانسیل بالایی برای تکمیل زنجیره ارزش نیشکر و اجرای پالایشگاه زیستی نیشکر درکشور دارند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۳-۲) ظرفیت‌های خالی و بدون استفاده داخلی در صنعت نیشکر کشور

ردیف	نام شرکت	محصول ظرفیت	توضیحات
۱	کشت و صنعت کارون	پلت سوختی، بیوچار	کشت و صنعت کارون، بزرگترین کارخانه‌ی تولید شکر از نیشکر را در ایران دارد و یکی از قدیمی‌ترین مجتمع‌های نیشکری در کشور است. این مجموعه پس از تغییرات مدیریتی در مسیر اصلاح رویه‌های جاری به سمت توسعه صنایع تبدیلی رفته است. طی بازدید و جلسه با مدیر عامل و مدیران بخش‌های مختلف مجموعه، تمایل جدی خود مبنی بر ارزش‌افزایی از بقایا و ضایعات کشاورزی را دارند. مجموعه سالانه ۵۰۰هزار تن باگاس، ۱۰-۱۵ تن برهکتار پوشال برداشت سبز، ۱۴-۱۵ متر مکعب بر ثانیه زه‌آب و... تولید می‌کند. سالانه بالغ بر ۲۰۰هزار تن دپو باگاس دارد که به دلیل عدم تناسب ظرفیت مورد نیاز صنایع تبدیلی موجود، دپو شده که به دلیل فرایندهای تخمیر و کپک و خودسوزی عملا از دسترس خارج می‌شود. حال با تعامل با مجموعه‌های فناور تمایل جدی به ارزش‌افزایی از این ظرفیت گسترده کرده‌اند. یکی از اقدامات مذاکرات جدی با مجموعه‌ی NOVA ایتالیا جهت راه‌اندازی خط تولید پلت سوختی از باگاس است. هم‌چنین با تعامل با شرکت فرایند سبز پاکان، پایلوت تولید بیوچار از باگاس و پوشال برداشت سبز در مجموعه صورت گرفته است و در حال حاضر منتظر تامین شرایط راه‌اندازی واحد صنعتی این محصول هستند.
۲	الکل‌سازی رازی	فراوری ویناس (استحصال و تولید پتاسیم سولفات از ویناس)	الکل‌سازی رازی بزرگترین تولیدکننده الکل از ملاس در کشور است. این مجموعه با تولید ۳۰ میلیون لیتر الکل در سال و به تبع آن بیش از ۱۲۰ میلیون لیتر ویناس در سال، ظرفیت بالایی در تولید و ارزش‌افزایی از این محصول را دارد. این مجموعه علی‌رغم داشتن تیم تحقیقاتی و درآمد بالا، ویناس تولیدی را در ابتدا به حوضچه‌های تبخیری هدایت می‌کنند و بخشی از آن را برای خوراک دام تغلیظ می‌کنند. این مجموعه با ظرفیت خود توان تولید بیش از ۸۰ تن کود پتاسیم سولفات از پساب خود را دارد. این عدد حدود ۱۰٪ از نیاز سالانه‌ی کشور به این کود است که به صورت مستقیم و غیر مستقیم به کشور وارد می‌شود و ارزبری دارد.
۳	آرین گلوکز	پری‌بیوتیک FOS	مجموعه‌ی آرین گلوکز در نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۸۰ شمسی در شهرک صنعتی خرمدره استان زنجان تاسیس شد. این مجموعه از اولین تولیدکنندگان گلوکزو دکستروز مایع در کشور است. این مجموعه به دلیل راه‌اندازی دو مجموعه‌ی زرفروکتوز و فروکتوز ناب که بزرگترین واحدهای تولیدی این حوزه هستند، در حال حاضر با کمتر از ۳۰٪ ظرفیت کار می‌کند و به دلیل عدم توان رقابت با بازیگران بزرگ حوزه در حوزه‌ی تولید دکستروز، تمایل به راه‌اندازی مجدد واحد با محصولات فناورانه را دارد. طی بازدید صورت‌گرفته و صحبت با مدیریت مجموعه، پروژه‌ی تولید FOS از شکر، یک پری‌بیوتیک پرکاربرد در صنایع شیر خشک و مکمل، تناسب کامل با زیرساخت این مجموعه دارد و با سرمایه‌گذاری تکمیلی محدودی، امکان تولید این محصول استراتژیک را در کشور دارد.
۴	کماج گندمک گیتی	شربت اینورت	مجموعه‌ی کماج گندمک گیتی با تولید نوشیدنی در شهرک صنعتی نظرآباد در صنعت غذا مشغول به فعالیت است. طی بازدید و جلسه با مدیرعامل این مجموعه، ابتدا برای تولید نوشیدنی‌های خود شربت اینورت از شکر را از تولیدکنندگان محصول خریداری می‌کردند. اما از سال ۱۴۰۱ این محصول را در خود کارخانه با داشن‌فنی توسعه یافته توسط خودشان، برای مصارف کارخانه تولید می‌شود و با قیمت تمام‌شده‌ی کمتری مصرف می‌کنند. این مجموعه ظرفیت تولید این محصول در مقیاس بزرگتربرای تامین نیاز سایر کارخانجات منطقه را نیز دارد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۴-۲) ادامه

ردیف	نام شرکت	محصول ظرفیت	توضیحات
۵	الکل‌سازی فناوران اروند	ارزش افزایی از CO2 با محوریت تولید بی‌کربنات‌ها	این الکل‌سازی با دانش‌فنی اسپانیایی شرکت Tombsa اسپانیا در خوزستان راه‌اندازی شده است. طی بازدید به عمل آمد از مجموعه و جلسه با مدیریت مجموعه، هر گونه فعالیتی که منجر به ایجاد یک منبع درآمدی مستقل از فروش الکل باشد رقبت دارد. نکته‌ی جالب خط تولید مجموعه، خط جمع‌آوری CO2 تولیدی حین فرایند تخمیر الکل است. در حال حاضر CO2 تولیدی بدون هیچ ارزش‌افزایی به محیط وارد می‌شود. لکن ظرفیت تولید ترکیبات بی‌کربنات نظیر سدیم بی‌کربنات و یا آمونیوم بی‌کربنات نظیر واحد شرکت Dedini و حتی تولید ریزجلبک‌های فتواتوتروف ظرفیت‌های مناسبی برای استفاده هستند.
۶	بن دا فراور	تولید دکستراناز	مجموعه‌ی بن‌دا فراور تنها واحد تولید آنزیم‌های صنعتی در مقیاس در کشور است. این مجموعه با توجه به زیرساخت‌های مناسب و هم‌چنین نیروی انسانی خود، توان تولید آنزیم‌های صنایع غذا را دارد. طی بازدید از مجموعه در شهرک صنعتی صفادشت، تمایل زیادی از خود برای تعامل باصنایع جدید نشان دادند. یکی از آنزیم‌هایی که در کشور تا کنون در مقیاس تولید و استفاده نشده است، آنزیم دکستراناز است. این آنزیمم با استفاده در صنعت نیشکر می‌تواند از هدر رفت بخش قابل توجهی از شکر جلوگیری کند. در صورت اخذ تاییدیه فنی از مجموعه‌های نیشکر مبنی بر تمایل به استفاده از این آنزیم، بازار قابل قبولی برای این شرکت ایجاد خواهد شد.
۷	کشت و صنعت میرزا کوچک خان	هیومیک اسید	این مجموعه یکی از شرکت‌های ذیل مجموعه‌ی توسعه نیشکر است. یکی از اقدامات ارزشمند صورت‌گرفته در این مجموعه، مدیریت باگاس مازاد تولیدی از طریق تولید کمپوست با کیفیت است. طی بازدید و جلسه با مسئول سایت کمپوست، با اخذ دانش فنی از دکتر صالحی جوزانی و اجرای این کار، علاوه بر اصلاح خاک مزارع کشت نیشکر، پسماندهای خود کشت و صنعت نیز مدیریت می‌شود و در راستای اقتصاد چرخشی اقدام موثری است. یکی از ظرفیت‌های بزرگ، تولید هیومیک اسید از کمپوست تولیدی استو این محصول علاوه بر بازار فروش مناسب در کشور، انمان افزایش نرخ تولید و افزایش عیار شکر تولید را نیز دارد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۳:

بازار زیست‌فناوری صنعتی در کشور

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱-۳- بازار زیست فناوری صنعتی در کشور

زیست‌فناوری صنعتی، به‌عنوان یکی از ارکان کلیدی اقتصاد دانش‌بنیان، نقش فزاینده‌ای در تحول ساختار تولید، بهبود بهره‌وری منابع و توسعه پایدار ایفا می‌کند. در ایران، با توجه به برخورداری از ظرفیت‌های قابل‌توجه منابع زیستی متنوع و زیرساخت‌های تحقیقاتی در حال گسترش، زیست‌فناوری صنعتی می‌تواند به‌عنوان یکی از محورهای استراتژیک توسعه فناوری و اقتصاد مقاومتی مورد توجه قرار گیرد. این حوزه در دهه‌های اخیر با پیشرفت‌های چشمگیری در مقیاس جهانی همراه بوده است؛ به‌ویژه در زمینه‌هایی چون بیوکاتالیز، تخمیر صنعتی، طراحی مسیرهای متابولیک و تولید زیستی مواد با ارزش افزوده بالا.

علی رغم پیشرفت چشمگیر زیست فناوری در کشور در دهه‌های اخیر، واقعیت وابستگی قابل‌توجه ایران در زمینه محصولات، فناوری و واسطه‌های زیست فناوری به ورادات غیر قابل انکار است. این واردات شامل طیف گسترده‌ای از محصولات و خدمات مانند واکسن‌ها، مواد بیوشمیایی (اسیدهای آلی، استابیلایزرها، حلال‌ها، بیوپلیمرها، نشاسته و مشتقات، خمیرمایه و مشتقات، شیرین کننده‌ها، انواع ویتامنی ها، آنتی بیوتیک ها، پری بیوتیک ها، پروبیوتیک‌ها و ...)، مواد اولیه واکنش‌های بیوشیمیایی (آنزیم‌ها و معرف‌ها)، کیت‌های تشخیصی مولکولی، مدیا و سرم‌های کشت سلولی، رآکتورهای اختصاصی و قطعات حساس، ادوات کروماتوگرافی و ستون‌های تخصصی و نیز خدمات تحلیلی پیشرفته می‌شود. تداوم این وابستگی باعث می‌شود کشور در مواجهه با نوسانات ارزی، تحریم‌ها و اختلالات زنجیره تأمین جهانی در دسترسی به کالاها و فناوری‌های ضروری برای تولید صنعتی آسیب‌پذیر باشد. بنابراین لزوم خودکفایی فناورانه در زیست‌فناوری صنعتی یک ضرورت استراتژیک برای تأمین امنیت زیستی-اقتصادی و مقاوم‌سازی زنجیره ارزش کشور است. کاهش در وابستگی وارداتی به محصولات زیست‌فناوری می‌تواند صرفه‌جویی ارزی قابل‌توجهی ایجاد کند و منجر به کاهش قیمت تمام‌شده تولیدات زیستی گردد. حرکت به سمت خودکفایی مستلزم تدوین نقشه راه توسعه زیست فناوری صنعتی در کشور با تعیین دقیق اهداف کمی و زمانی مشخص است.

در نهایت، مزیت‌های زیست‌فناوری صنعتی بومی‌شده برای کشور چندوجهی است: کاهش وابستگی ارزی و بهبود تراز تجاری، افزایش اشتغال در صنایع دانش‌بنیان، توسعه صادرات محصولات با ارزش افزوده بالا و تقویت امنیت زیستی ملی از طریق دسترسی پایدار به مواد و فناوری‌های حیاتی. به همین دلیل د رادامه، حجم بازار و ظرفیت‌های زیتس فناوری صنعتی در کشور برای برخی از حوزه‌های پرکاربرد و مهم بیان شده است.

ظرفیت بازار زیست فناوری در کشور

جدول زیر به بررسی ابعاد اقتصادی زیست فناوری صنعتی در کشور می‌پردازد و ارزش بازار ۲۱ دسته از محصولات کلیدی را بر حسب میلیون دلار آمریکا مشخص می‌کند. مجموع ارزش کل بازار برای این محصولات، معادل ۳ میلیارد دلار برآورد شده است که اهمیت راهبردی و حجم بالای گردش مالی در این حوزه فناورانه را به وضوح نشان می‌دهد.

با تئجه به جدول، مشاهده می‌گردد که توزیع ارزش بازار در زیربخش‌های مختلف این صنعت یکنواخت نیست و چند گروه از محصولات، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. در این میان، سهم بخش قند و شیرین‌کننده‌ها (شامل دکستروز، سوربیتول، لاکتوز، گلیسرول و مشتقات مشابه) با ارزشی معادل ۶۰۰ میلیون دلار، بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده مصرف گسترده این محصولات در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی است. در رتبه‌های بعدی، بخش‌های

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سولار و مشتقات سلولز (مانند CMC و استات سلولز) با ارزش ۲۳۰ میلیون دلار و آنتی بیوتیک‌ها (شامل تولید ژنی، آموکسی سیلین و...) با ارزشی بالغ بر ۲۱۰ میلیون دلار قرار دارند. همچنین، گروه مخمر و عصاره مخمر و محصولات چوب (نظیر لیگنین، زایلان و...) با ارزش‌های به ترتیب ۱۹۰ میلیون دلار، سهم قابل توجهی از بازار را دارا هستند. محصولاتی نظیر ویتامین‌ها (C،E و...) با ۷۰ میلیون دلار، اسیدهای آلی (سیتریک اسید، لاکتیک اسید و...) با ۸۰ میلیون دلار و حلال‌ها (اتانول، فورفورال و...) با ۱۰۰ میلیون دلار، سهم کمتری از این سبد بازار تشکیل می‌دهند.

این تفاوت در سهم بازار، لزوم تمرکز بر زنجیره‌های تأمین داخلی برای محصولات پرمصرف و دارای ارزش اقتصادی بالا را یادآور می‌شود تا از وابستگی به واردات کاسته شده و اهداف کلان توسعه اقتصاد زیستی دانش‌بنیان محقق گردد. دستیابی به این اهداف نیازمند سرمایه‌گذاری متمرکز و هدفمند در زیرساخت‌های تولید، پژوهش و توسعه (R&D) جهت ارتقاء ظرفیت تولید داخلی و کسب سهم از بازارهای صادراتی جهانی است.

اسیدهای آمینه

طیف محصولات: لایزین هیدروکلراید– متیونین– ترئونین – سیستین گلوتامیک اسید
نیاز بالفعل کشور: ۱۴۰۰۰ تن– ۱۸۰۰۰ تن– ۱۰۰۰ تن– ۷۵۰ تن
محصولات جایگزین: هیدرولیزات پروتئینی (پر، خون، گلوتن....)، کولین و بتائین برای متیونین در حوزه ی دام سنگین با عبوری کردن مصرف تا ۳۰٪ کاهش می یابد.
سابقه صادرات / رقابت پذیری بین المللی: با توجه به وجود بازیگران با ظرفیتهای بسیار بالا در جهان ۲۰۰ هزار تن بازار فروش مستقیم آن بسیار بعید است.
واحدهای موجود فعال: نداریم
چالش اصلی: سویه مناسب تامین منبع کربن، شرکت تک محصولی

اسیدهای آلی و نمک های آن

طیف محصولات: سیتریک اسید، لاکتیک اسید، گلوکونیک اسید، پروپیونیک اسید، آدیپیک اسید
ظرفیت نیاز بازار کشور: ۶۰۰۰۰ تن– ۷۰۰ تن– ۱۳۰۰ تن –۸۲۹ تن– ۲۸۰۰۰ تن
محصولات جایگزین: تا حدود بسیار زیادی جایگزینی ندارند
سابقه صادرات / رقابت پذیری بین المللی: ضعیف ولی دارد (سیتریک اسید جوین)
واحدهای موجود فعال: کشت و صنعت جوین، سیتریک اسید کرمانشاه (غیر فعال)
چالش اصلی: تأمین منبع کربن، سویه مناسب، قیمت تمام شده

وضعیت کشور

آنزیم ها

طیف محصولات: سلولاز پروتئاز، یکتیناز آمیلاز گلوکز اکسیدار، فیتاز، کاتالار لاکتار ....
ظرفیت نیاز بازار کشور: جمعا ۵۶۰۰ تن (آنزیم ها شوینده ۲۵۰۰ تن– آنزیم های صنعت مشتقات نشاست مشتقات (مالتودکسترین، گلوکز، فروکتور ...) ۸۰۰ تن– نشاسته مولتی آنزیم خوراک دام ۵۰۰ تن– فیتاز خوراک دام، طیور و ایزیان ۵۰۰ تن– آنزیهای صنعت کنسانتره (پکتیناز، سلولاز،...) ۲۰۰ تن– لاکتاز صنعت شیر ۱۵۰ تن– صنعت نان ۱۰۰ تن– وفت ۱۰۰ تن– پروتئاز صنعت غذا و کودو چرم ۵۰ تن
محصولات جایگزین: تقریبا ندارد.
سابقه صادرات / رقابت پذیری بین المللی: ندارد
واحد های موجود فعال: بن دا فرآور، واحدهای متعدد کوچک آنزیم های استخراجی(عموما پروتئاز)
چالش اصلی: سویه مناسب، فرمولاسیون و پایداری محصول، بانک سویه، تکنولوژی تولید آنزیم

بیواتانول مطلق

طیف محصولات: اتانول سوختی اتانول گرید دارو و آنالیزی، اتیل استات، سایر
ظرفیت نیاز بازار کشور: برای E10 حدود ۳.۶۵ میلیون متر مکعب در سال، ۴۵۰۰ متر مکعب برای اتانول گرید دارویی و آنالیزی، ۱۴۰۰ متر مکعب اتیل استات صنعتی
محصولات جایگزین: MTBE برای حوزه ی سوخت
سابقه صادرات / رقابت پذیری بین المللی: در زمینه اتانول مطلق نداریم ولی سایر بله
واحدهای موجود فعال: فناوران اروند (تکنولوژی tomaa destilاسپانیا) (ملاس)، زیست فرآورده سپاهان (تکنولوژی بومی) (ملاس)، سوخت سبز زاگرس کرمانشاه (تکنولوژی Maguin Interisفرانسه) (غلات)، سوخت سبز زاگرس باشت در حال ساخت (غلات)، کشت و صنعت هفت تپه غیر فعال (لیگنوسلولزی)
چالش اصلی: تامین منبع کربن، تکنولوژی تولید، سویه مناسب، مشکلات زیست محیطی

شکل (۱-۳) وضعیت کشور در زیست فناوری صنعتی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱-۳) ظرفیت بازار زیست فناوری در کشور (بالفعل- شامل تولید و واردات)

ردیف	حوزه	ارزش تقریبی بازار (میلیون دلار)
۱	قند و شیرین کننده‌ها (دکستروز، سوربیتول، لاکتوز، گلیسرول، سوکرالوز، HFCS، ...)	۶۰۰
۲	سلولز و مشتقات سلولز (CMC، استات سلولز، ...)	۲۶۰
۳	نخ بخیه روده گوسفندی، هپارین، انوکساپارین	۲۳۰
۴	آنتی بیوتیک ها (پنی جی، آموکسی سیلین، ...)	۲۱۰
۵	حلال‌ها (اتانول، فورفورال، ...)	۲۰۰
۶	مشتقات چوب (لیگنین، زغال، MDF، ...)	۱۶۰
۷	افزودنی‌های فرموله صنایع غذایی (استابیلایزر، امولسیفایر، ...)	۱۵۰
۸	اسیدهای آمینه (لایزین، گلوتامیک اسید، ...)	۸۰
۹	عصاره تام و اسانس‌های طبیعی (شیرین بیان، گل محمدی، ...)	۸۰
۱۰	غلیظ کننده‌ها / ژل کننده‌ها (آگار، صمغ عربی، ژلاتین، پلی اکریل آمید، و ...)	۷۰
۱۱	اسیدهای آلی (سیتریک اسید، لاکتیک اسید، گلوکونیک اسید و...)	۶۰
۱۲	استارتر (لبنی، سیلاژ، ربتر، کمپوست، ...)	۶۰
۱۳	خمیر مایه و عصاره مخمر	۶۰
۱۴	ویتامین (C، E، ...)	۴۰
۱۵	آنزیم	۲۵
۱۶	افزودنی‌های فرموله خوراک دام، طیور و آبزیان	۲۵
۱۷	انواع کود (هیومیک اسید، هیدرولیزات پروتئین، ...)	۲۰
۱۸	جاذب‌ها (کربن فعال، ...)	۱۰
۱۹	پروبیوتیک و مشتقات	۱۰
۲۰	پری بیوتیک	۱۰
۲۱	دیده نشده (۱۵٪ موارد فوق)	۳۵۰
	مجموع	۳۰۰۰ میلیون دلار

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۳- قند و شیرین کننده ها

بازار مشتقات قندی و شیرین‌کننده‌های زیستی، با سهمی معادل ۶۰۰ میلیون دلار، بزرگ‌ترین بخش از ظرفیت بازار زیست‌فناوری صنعتی کشور را تشکیل می‌دهد. این محصولات، که اغلب از طریق فرآیندهای بیوتکنولوژی مانند تخمیر میکروبی یا هیدرولیز آنزیمی بیومس‌های گیاهی نظیر نشاسته و سلولز تولید می‌شوند، دارای کاربردهای گسترده و حیاتی در صنایع متعددی هستند. به‌عنوان مثال، دکستروز (گلوکز) ولاکتوز به‌عنوان مواد اولیه پایه در صنایع دارویی (مانند عوامل حجم‌دهنده قرص‌ها)، غذایی (به‌عنوان شیرین‌کننده و بهبوددهنده بافت) و تولید محیط‌های کشت میکروبی استفاده می‌شوند. سوربیتول و گلیسرول نیز به‌عنوان عوامل مرطوب‌کننده (هومکتانت)، نرم‌کننده و جایگزین قند در محصولات بدون شکر، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارند. از سوی دیگر، شیرین‌کننده‌های با قدرت بالا مانند سوکرالوز و شربت ذرت با فروکتوز بالا (HFCS) در تولید نوشیدنی‌ها و محصولات کم‌کالری نقش کلیدی دارند.

حجم بالای بازار داخلی این محصولات، نشان‌دهنده وابستگی قابل توجه صنایع پایین‌دستی به واردات یا تولید محدود داخلی است و پتانسیل بالایی برای توسعه واحدهای تولید بیوتکنولوژیک در کشور فراهم می‌سازد. در سطح جهانی، تولید این مواد اغلب تحت سلطه شرکت‌های بزرگ چندملیتی قرار دارد که بر فرآیندهای مهندسی ژنتیک و بهینه‌سازی سویه‌های میکروبی برای افزایش بازده تولید تکیه دارند. چین و ایالات متحده به‌عنوان اصلی‌ترین بازیگران جهانی در تولید و صادرات این مواد شناخته می‌شوند. در ایران، تعدادی از شرکت‌های فعال در صنایع غذایی و دارویی، به تولید برخی از این مشتقات می‌پردازند، اما سهم قابل ملاحظه‌ای از نیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود. تولید بخش قندهای رایج به اشباع زیرساختی-سرمایه‌ای رسیده است و چالش‌های فراوانی نظیر وابستگی شدید به واردات، نیاز به سرمایه‌گذاری بالا (بیش از ۵۰ میلیون دلار) دارد و توسعه و راه‌اندازی واحدهای نوین در این زمینه تقریباً امری دور از دسترس به نظر می‌آید و ورود بخش خصوص یا سرمایه‌های محدود (کمتر از ۱۰ میلیون دلار) را کمی با چالش روبرو می‌سازد. اما در بخش قندهای خاص عموماً غیر از کاربرد شیرین‌کنندگی، کاربردهای دیگری نظیر پری‌بیوتیکی، نگاهداشت رطوبت، پایدارکنندگی، بدون کالری بودن، و ... است، فرصت‌های جذابی از منظر راه‌اندازی واحدهای دانش محور با سرمایه‌گذاری‌های محدود (کمتر از ۲-۱۰ میلیون دلار) را پیش رو گذاشته است. علاوه بر این با توجه به پیشرفت‌های در حوزه‌ی سلامتی و نیاز به محصولات سلامت‌محور، اطلاع از آسیب‌های شیرین‌کننده‌های رایج، نیاز به بسترهای بازارسازی‌های نوین برای صنایع تولیدی محصول نهایی با برچسب‌گذاری‌های جدید، و ... گذار به سمت محصولات با خواص سلامت محور رو به رشد است. با تولید محصولات قندهای غیر رایج انتظار توسعه‌ی بازار با نرخ بیش از ۱۰٪ در سال متصور است. اقداماتی که در راستای تولید قندهای غیر رایج در کشور صورت گرفته عبارتند از:

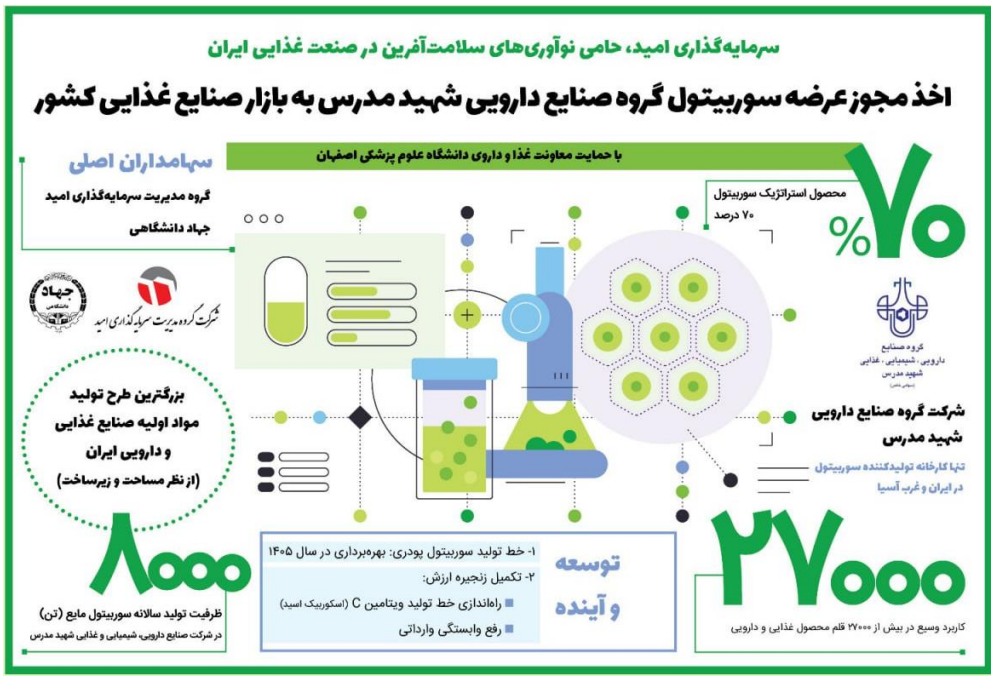
۱-۲-۳- سوربیتول

خط تولید سوربیتول ۷۰ درصد گروه صنایع دارویی، شیمیایی و غذایی شهید مدرس جهاددانشگاهی در دهه ۷۰ در کشور با ظرفیت تولید ۸۰۰۰ تن در سال در استان اصفهان در در اراضی شهرستان تیران و کرون راه‌اندازی شده است. این خط به دلایل متعدد طی مصاحبه‌های با کارشناسان صنعتی امکان تولید صنعتی و بازاراندازی اقتصادی ندارد. دلیل اول جانمایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

است. این صنعت آب‌بر بوده و امکان تامین پایدار آب در منطقه وجود ندارد. همچنین با توجه به تاثیر بالای قیمت مواد اولیه در قیمت تمام‌شده‌ی سوربیتول، لازم است این واحد در کنار واحد تولید دکستروز مایه به صورت پالایشگاه زیستی باشد تا بتئان با قیمت رقابتی به تولید پرداخت. دیگر مورد این‌که خط موجود با توجه به گذر سالیان متمادی و تلاش‌های ناموفق جهت بازراه‌اندازی مستهلک شده و هزینه‌های تعمیرات و نگاه‌داری آن به نسبت خطوط جدید بالاست. مورد دیگر فناوری تولید است. بخش اصلی فناوری تولید سوربیتول، فرایند هیدروژناسیون کاتالیستی است. دو فناوری برای هیدروژناسیون کاتالیستی در جهان ارائه می‌شود. فرایند بچ و پیوسته دو فرایندی است که ارائه می‌شود. فرایندهای بچ برای واحدهای کوچک و متوسط و فرایندهای پیوسته برای واحدهای بزرگ ارائه می‌شود. این واحد جزو واخدهای کوچک به حساب می‌آید و همچنین فناوری پیوسته پیچیدگی بالایی دارد که راهبری تخصصی نیاز دارد. این موارد باعث شده تا از منظر فنی-اقتصادی خط تولید کارامدی لازم را نداشته باشد. هرچند همچنان تلاش‌های متعددی جهت راه‌اندازی و اقتصادی کردن خط موجود در حال انجام است که در کل زیر قابل مشاهده است.



شکل (۲-۳) تلاش برای بازراه‌اندازی خط تولید سوربیتول اصفهان

علاوه بر این اقدام، شرکت فرهیختگان زرنام (پالایشگاه غلات زر) واحدی با سرمایه‌گذاری حدود ۱۰۰ میلیون دلاری جهت تولید سوربیتول مایع و پودری با پیشرفت ۸۰٪ در دست اجرا دارد. ولی به دلیل مشکلات سهام‌داری این پروژه متوقف مانده است. با در نظر گرفتن مشتقات اصلی سوربیتول یعنی آسکوربیک اسید (ویتامین C)، سوربات و پلی‌سوربات بازار محصول در کشور تا ۱۰۰هزار تن قابل تصور است.

۲-۲-۳- لاکتوز

شرکت شیمی فارمد پارس مستقر در ساوه واحد تولید لاکتوز مونوهیدرات با ظرفیت ۵۰۰ تن در سال راه‌اندازی کرده است. همچنین شرکت شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان غربی در انتهای سال ۱۴۰۳ طرحی با ارزش ۱۵۰ میلیارد تومان جهت

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

راه‌اندازی خط تولید لاکتوز دارویی مصوب کرده است. همچنین شرکت کاله نیز در این راستا اقدام به راه‌اندازی خط تولید لاکتوز کرده است. منشا اصلی تولید لاکتوز، آب پنیر ماحصل فرایند تولید پنیر و کازئین از شیر است. با توجه به صنایع مصرف‌کننده‌ی لاکتوز که بخش اعظم آن در صنعت غذا، مکمل، شیر خشک و مواد جانبی داروست، بازاری با ظرفیت حدودی ۱۰هزار تن وجود دارد.

۳-۲-۳- ایزومالت

شرکت شیرین سلامت پارتیکان (برادران سرشوقی) که از شرکت‌های تابعه‌ی شرکت ایران‌شکلات اصفهان (کامور) است این محصول را برای تولید قندهای رژیمی و دیابتی تولید می‌کند. این محصول از زیست‌ترادیسی ساکاروز و در ادامه هیدروژناسیون و تخلیص تولید می‌شود. ظرفیت واحد یاد شده حدود ۱۰۰ تن در سال است در حالی که بازار تا ۱۰۰۰ تن در شرایط کنونی کشش تولید دارد.

۳-۲-۴- استویا

استویا یک شیرین‌کننده گیاهی طبیعی، بدون کالری و مشتق شده از برگ‌های درختچه Stevia rebaudiana، بومی آمریکای جنوبی است. ترکیبات شیرین آن، به نام گلیکوزیدهای استویول (عمدتاً rebaudioside A یا Reb A و rebaudioside M یا Reb M)، ۲۰۰ تا ۴۰۰ برابر شیرین‌تر از شکر معمولی هستند. استویا عملاً هیچ کالری یا کربوهیدراتی ندارد و آن را به انتخابی محبوب برای افرادی که وزن خود را کنترل می‌کنند، رژیم‌های کم کربوهیدرات یا کتو را دنبال می‌کنند یا مبتلا به دیابت هستند، تبدیل می‌کند. این ماده سطح گلوکز خون یا انسولین را افزایش نمی‌دهد. استویا همچنین در برابر حرارت پایدار است و آن را برای نوشیدنی‌های گرم و سرد و همچنین در پخت و پز و شیرینی‌پزی بسیار مناسب می‌کند. رایج‌ترین شکل تجاری،استویا به صورت پودر یا مایع در بسته بندی های مختلف است. این محصولات برای از بین بردن طعم تلخ تصفیه شده اند و برخی موارد برای افزایش حجم و اندازه‌گیری آسان‌تر، با مواد دیگری مانند اریتریتول یا مالتودکسترین مخلوط شوند (مثلاً Truvia®، Pure Via®، SweetLeaf®).

در ایران یک کارخانه تولید استویا از برگ استویا در اصفان وجود دارد. بر اساس داده های منتشر شده توسط گزارش "شیرین کننده ها" ستاد توسعه زیست فناوری کشور، مطالعات اولیه و تدوین طرح تولید شیرین کننده‌ی ربادیوسساید آ (Reb A) از برگ استویا که در وزن معادل با شکر، ۳۰۰ برابر شیرین تر از آن بوده و جذب بدن نمی‌شود (رژیمی است)، در اویل دهه‌ی ۹۰ شمسی در بنیاد تعاون سپاه شروع شد. دانش فنی و تجهیزات از دو شرکت دانیانگ هوآتنگ و یوشیتا به ارزش ۶ میلیون دلار قرار بود به کشور وارد شود. کارخانه در دو فاز طراحی شده بود که در فاز اول تولید از برگ استویا به TSG برسد. در فاز دوم از TSG به Reb A با خلوص بالای ۹۷٪ برسد. تجهیزات و بهره‌برداری آزمایشی فاز دوم با تقریب بالایی رخ داد. اما در انتهای سال ۹۸ به دلیل شیوع کرونا و همچنین اتفاقات رخ داده در کشور نظیر شهادت سردار سلیمانی و سقوط هواپیمای اوکراینی شرکت چینی از انتقال دانش فنی کامل دو خط و همچنین برخی از تجهیزات فاز اول نظیر سیستم کنترلی و تابلو برق، رزین‌های تخلیص،... امتناع کرد. این مهم با تغییر اولویت‌های بنیاد تعاون سپاه و عدم تمایل مدیر جدید بنیاد به تکمیل این پروژه سبب بدون استفاده ماندن این سرمایه ملی از سال ۹۸ تا کنون گردیده است. ظرفیت خط تولید راه‌اندازی شده ۱۰۰ تن

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

بر سال است اما تخمین زده می‌شود که نیاز کشور بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ تن باشد. یکی از چالش‌های جدی پیش روی این طرح، تامین مواد اولیه برای ظرفیت کامل واحد است. برای راه‌اندازی با تمام ظرفیت، سالانه باید بیش از ۳۰ هزار تن برگ استویا وارد این کارخانه شود و این در صورتی است که تمامی تولیدات کشور کمتر از ۱۰٪ این نیاز است. طبق اعلام مدیرعامل مجموعه، حدود ۱۰۰۰ هکتار زمین باید زیر کشت رقم مناسب این گیاه برود تا توان تامین مواد اولیه‌ی این کارخانه فراهم شود. در حال حاضر، طرحی برای راه اندازی این کارخانه وجود نداشته و بحث فروش کامل خط و زمین و سوله‌های آن از اولویت بالاتری برخوردار است. قیمتی که برای فروش این واحد طبق اظهارات کارشناسان رسمی دادگستری تعیید شده است، عددی معادل ۱.۲ همت است. این عدد با توجه به ارزش زمین و خط تولید ناقص موجود در کارخانه برای هدف تولید Reb A بالا بوده و تلاش‌های فروش این واحد تا کنون راه به جایی نبرده است.



شکل (۳-۳) برگ و شیرین کننده استویا

۵-۲-۳- سایر شیرین کننده ها

برای سایر قندهای غیر رایج یاد شده در جدول زیر هیچ اقدام صنعتی نشده است و تنها در مقیاس آزمایشگاه تولید شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۲-۳) قندهای پرمصرف در صنعت مکمل، غذا و دارو

ردیف	نام محصول	نیاز (هزار تن)	ظرفیت تولید (هزار تن)	واردات (هزار تن)	نحوه تولید	کیلوکالری (بر گرم)	شاخص گلایسمیک	میزان شیرینی (در مقایسه با شکر)
۱	شکر (ساکاروز)	۲۵۰۰	۱۵۰۰	۷۵۰	استخراج از چغندر و نیشکر	۳.۹۴	۶۹	۱
۲	شربت اینورت	۱۰	۱۰	۰	هیدرولیز اسیدی و یا آنزیمی ساکاروز	۴-۲.۸	۶۰	۱.۳
۳	گلوکز-دکستروز	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۷	تولید از نشاسته گندم، ذرت و سیب زمینی	۴	۱۰۰	۰.۷۴
۴	شربت فروکتوز	۸۰۰	۷۱۸	محدود	زیست‌ترادیسی گلوکز و تخلیص	۴	۶۵	۱.۴
۵	مالتوز	۱۰	۱۰	۰	هیدرولیز آنزیمی نشاسته	۴	۱۰۵	۰.۵
۶	گلیسرین	۱۰	۱۰۰	۱۰۰	هیدرولیز تری‌گلیسرید و تخلیص	۴.۳۲	۵	۰.۷-۰.۵۵
۷	لاکتوز	۱۰	۰.۵	۸.۵	استخراج از شیر/آب پنیر و تخلیص	۴	۴۵	۰.۴
۸	زایلوز	محدود	۰	محدود	هیدرولیز زیست‌توده و تخلیص	۲.۴	۱۲	۰.۷
۹	اینولین	۱	۰	۰.۱	استخراج از ریشه کاسنی/آگاو و تخلیص	۱.۵	۱	۰.۱
۱۰	فروکتواولیگوساکارید	۲	۰	۱	زیست‌ترادیسی ساکاروز و تخلیص	۱.۷-۱	۴۸	۰.۵-۰.۳
۱۱	گالاکتواولیگوساکارید	۳	۰	۲	زیست‌ترادیسی لاکتوز و تخلیص	۱.۷-۱	۳۰	۰.۶-۰.۳
۱۲	ایزومالت	۱	۰.۱	۰	زیست‌تردایسی ساکاروز و هیدروژناسیون	۲	۵	۰.۶-۰.۴۵
۱۳	سوربیتول	۵۰+۲۵	۰	۲۲	هیدروژناسیون گلوکز و تخلیص	۲.۶	۱۰	۰.۷
۱۴	مانیتول	۰.۳	۰	۰.۲۵	هیدروژناسیون فروکتوز و تخلیص	۱.۶	۰	۰.۶
۱۵	لاکتیتول	محدود	۰	محدود	هیدروژناسیون لاکتوز و تخلیص	۲	۵	۰.۴-۰.۳
۱۶	مالتیتول	محدود	۰	محدود	هیدروژناسیون مالتوز و تخلیص	۲.۱	۳۶	۰.۹
۱۷	زایلیتول	۲	۰	۱	هیدروژناسیون زایلوز و تخلیص	۲.۴	۱۳	۱
۱۸	اریتریتول	۵	۰	۲	تخمیر قندهای ساده و تخلیص	۰.۲	۱	۰.۷
۱۹	آلولوز	۱	۰	۰.۳	زیست‌ترادیسی فروکتوز و تخلیص	۰.۴-۰.۲	۱	۰.۷
۲۰	ترهالوز-ترهالولوز	۲	۰	محدود	زیست‌ترادیسی ساکاروز/مالتوز	۴-۳.۶	۷۰	۰.۵
۲۱	سوکرالوز	۰.۲	۰	۰.۰۹	کلریناسیون ساکاروز	۳.۴	۰	۶۰۰
۲۲	آسپارتام	۰.۵	۰	۰.۳۵	زیست‌ترادیسی آسپارتیک اسید و فنیل آلانین	۴	۰	۲۰۰
۲۳	استویا (ربادیوساید)	۰.۲	محدود	محدود	استخراج از برگ گیاه استویا و تخلیص	۰	۰	۴۰۰-۲۰۰

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲۴	آسه سولفام پتاسیم	۰.۵	۰	۰.۳	واکنش سولفامیک‌اسید با آمین در حضور استیک اسید	۰	۰	۲۰۰
۲۵	ساخارین	۰.۱	۰	۰.۰۸	واکنش Remsen-Fahlberg	۳.۶	۰	۳۰۰
۲۶	نئوتام	محدود	۰	محدود	واکنش آسپارتام با دی‌متیل‌بوتیرالدهاید در متانول	۰	۰	۱۳۰۰۰-۷۰۰۰
۲۷	آدوانتام	محدود	۰	محدود	آلکیلاسیون آسپارتام با HMPA[1]	۰	۰	۲۰۰۰۰
۲۸	سیکلامات	محدود	۰	محدود	واکنش سیکلوهگزیل‌آمین با کلروسولفونیک اسید	۰	۰	۵۰-۳۰
۲۹	آلیتام	۰	۰	۰	واکنش بین تیازولیدین و تییتان و تخلیص	۱.۴	۰	۲۰۰۰
۳۰	تائوماتین	۰	۰	۰	عصاره تخلیص شده میوه‌ی کاتمفه - میکروبی	۳.۹	۰	۱۰۰۰۰۰
۳۱	موگروساید/برازین	۰	۰	۰	عصاره‌ی تخلیص شده‌ی میوه‌ی مونک	۰	۰	۲۵۰

[1] 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl) propionaldehyde

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳-۳- سلولز و مشتقات آن

مشتقات سلولزی، از جمله کربوکسی متیل سلولز (CMC) و استات سلولز، با ارزش تقریبی ۲۳۰ میلیون دلار در بازار کشور، دومین سهم بزرگ را پس از قندها و شیرین‌کننده‌ها به خود اختصاص داده‌اند. این ترکیبات، پلیمرهای زیستی اصلاح‌شده از سلولز طبیعی هستند و به‌واسطه ویژگی‌های برجسته‌ای نظیر قابلیت افزایش ویسکوزیته، تثبیت‌کنندگی، ایجاد سوسپانسیون و تشکیل فیلم، دارای طیف وسیعی از کاربردها هستند. CMC به‌طور عمده به‌عنوان غلظت‌دهنده و تثبیت‌کننده در صنایع غذایی (مانند بستنی، آبمیوه و سس‌ها - تحت کد E466)، دارویی (به‌عنوان عامل حجم‌دهنده و چسباننده) و محصولات خانگی (مانند شوینده‌ها و منسوجات) استفاده می‌شود. استات سلولز نیز یک پلیمر مهم با کاربرد غالب در تولید الیاف مصنوعی، فیلترهای سیگار، پوشش‌ها و پلاستیک‌های زیستی است.

بازار جهانی CMC و استات سلولز، بازاری بالغ با نرخ رشد ثابت است که عمدتاً توسط بازیگران کلیدی در آسیا (به‌ویژه چین) و آمریکای شمالی مدیریت می‌شود. شرکت‌هایی نظیر DuPont، CP Kelco و Ashland از اصلی‌ترین فعالان جهانی در این عرصه هستند. در ایران، صنایع تولیدکننده این مشتقات محدود بوده و معمولاً با چالش تأمین سلولز خالص و فناوری‌های شیمیایی پیشرفته مواجه‌اند. حجم بازار دلاری بالا نشان‌دهنده تقاضای صنعتی قوی برای این مواد است و توسعه پایدار این بخش در کشور، علاوه بر کاهش وابستگی به واردات، می‌تواند به استفاده بهینه از بیومس‌های سلولزی غیرخوراکی در اقتصاد ملی کمک کند. واردات سلولز به کشور با کد تعرفه‌های گمرکی زیر و به میزان بیان شده در جدول می‌باشد.

جدول (۳-۳) واردات سلولز به کشور (آمار شرکت گمرک ایران)

کد تعرفه	عنوان	مقدار واردات (تن)	ارزش واردات (میلیون دلار)
۳۹۱۲۱۱۰۰	نرم‌نشده (Non-plasticised)	۴۱.۶	۰.۷۶
۳۹۱۲۱۲۰۰	استات‌های سلولز نرم شده (plasticised)	۱۲۵	۰.۲۶
۳۹۱۲۳۱۹۰	کربوکسی متیل سلولز و املاح آن (به غیر از گرید خوراکی)	۵۶۸	۲.۷۴
۳۹۱۲۳۱۱۰	کربوکسی متیل سلولز و املاح آن (گرید خوراکی)	۲۰۰۴	۸.۲۴
مجموع		۲۷۳۸.۶	۱۲

۴-۳- نخ بخیه گوسفندی، هپارین و انوکساپارین

این سه محصول، نماینده گروه مهمی از بیومواد و بیوداروهای استخراجی با منشأ زیستی یا تولیدی با استفاده از فرآیندهای بیوتکنولوژیک هستند. بازار این گروه در ایران، ارزشی معادل ۱۵۰ میلیون دلار دارد که نشان‌دهنده اهمیت حیاتی آن‌ها در حوزه سلامت و درمان است. نخ بخیه روده گوسفندی (Catgut) یک ماده زیست‌تخریب‌پذیر است که از کلاژن روده یا زیرمخاط حیوانات استخراج می‌شود و در جراحی‌ها (به‌ویژه داخلی) کاربرد دارد. هپارین، یک ضد انعقاد قوی است که از بافت‌های حیوانی (مانند ریه یا روده خوک یا گاو) استخراج می‌شود و برای پیشگیری و درمان ترومبوز استفاده می‌گردد. انوکساپارین یک هپارین با وزن مولکولی پایین است که تولید آن نیازمند فرآیندهای پیچیده شیمیایی و تصفیه با دقت بالا است و به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان داروی ضد انعقاد پرمصرف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تولید هپارین و انوکساپارین، که در گروه داروهای با فناوری زیستی قرار می‌گیرند، نیازمند دسترسی به مواد اولیه با کیفیت و کنترل‌شده (استانداردهای بین‌المللی USP/EP) و فرآیندهای تصفیه و فرمولاسیون بسیار دقیق است. در سطح جهانی، چین و هند بازیگران اصلی در تأمین هپارین خام هستند، در حالی که شرکت‌های دارویی چندملیتی نظیر Sanofi و Pfizer تولیدکنندگان عمده انوکساپارین محسوب می‌شوند. در ایران، شرکت‌های دانش‌بنیان دارویی در تولید فرموله انوکساپارین و سایر مشتقات هپارین فعال هستند و به‌دلیل اهمیت راهبردی این داروها، سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در این بخش صورت گرفته است. حجم بازار ۱۵۰ میلیون دلاری، علاوه بر نشان دادن تقاضای بالا در نظام سلامت، بیانگر هزینه‌های بالای تأمین این بیوداروها و اهمیت بومی‌سازی کامل چرخه تولید آن‌ها است.

از میان نخ و سوزن بخیه که در کشور در عملیات‌های جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ۱۳٪ آن‌ها از مواد طبیعی، ۴۱٪ از مواد سنتزی غیر قابل جذب و ۱۵٪ از مواد سنتزی قابل جذب هستند. با توجه به افزایش سالانه جمعیت کشور، میزان استفاده از نخ و سوزن بخیه در جراحی‌ها، هر ساله ۱۵٪ در کشور رشد می‌کند. با توجه به اهمیت تجهیزات و لوازم پزشکی در رشد سلامت جامعه، تولید و یا تامین نیاز صنعت پزشکی به این قبیل محصولات امری ضروری به شمار می‌رود. در حال حاضر تنها ۳۰٪ از نیاز بازار مصرفی ایران به نخ و سوزن بخیه یا جراحی از طریق تولیدات داخلی تامین شده و ۷۰٪ باقی مانده از طریق واردات جبران می‌شود. واردات لوازم مورد نیاز در صنعت پزشکی از جمله نخ و سوزن بخیه (جراحی) در ایران عمدتاً از مبداء کشورهای امارات متحده عربی، چین، هند، ژاپن، اسپانیا و ... صورت گرفته و سالیانه مقادری بالایی ارز بدین ترتیب از کشور خارج می‌گردد. بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در ایران، استفاده از نخ و سوزن بخیه خارجی را در جراحی‌ها به علت بالا بردن کیفیت و افزایش ایمنی بیماران ترجیح داده و همین امر سبب عدم استقبال از تولیدات داخلی و همچنین عدم بالا بردن ظرفیت تولیدات می‌شود . در حال حاضر نخ و سوزن به صورت متصل نشده در ایران تولید نمی‌شود. فرآیند برش نخ، مونتاژ نخ و سوزن، بسته بندی، خشک کردن نخ و استریل و...، توسط شرکت‌های مختلف انجام می‌پذیرد. تولید نخ جراحی و یا سوزن جراحی به صورت غیر متصل برای به صرفه بودن در کشور نیاز به ظرفیت تولید بالا دارد و عملاً چون ظرفیت مصرف در ایران پایین است و صادرات این مواد اولیه از ایران به کشورهای دیگر مشکل است، به همین دلیل سرمایه گذاری در این زمینه در کشور انجام نشده است[۲].



طبق امار پروانه‌های تولیدی سایت اداره کل تجهیزات پزشکی ۶ پروانه تولیدی برای تولید نخ بخیه در کشور صادر شده است.

جدول (۴-۳) شرکت‌های تولید کننده نخ بخیه

ردیف	نام شرکت	استان	نام وسیله	روش تولید
۱	صنایع پزشکی نسج طب کیهان	تهران	نخهای بخیه مصنوعی غیرقابل جذب	تولید مستقل
۲	صنایع پزشکی نسج طب کیهان	تهران	نخهای بخیه مصنوعی غیرقابل جذب	تولید مستقل
۳	صنایع پزشکی پزشکیاران امین راه سلامت	البرز	نخهای بخیه مصنوعی غیرقابل جذب	تولید مستقل
۴	ساخت وسایل پزشکی ایران سوپا	البرز	نخهای بخیه مصنوعی غیرقابل جذب	تولید مستقل
۵	صنایع پزشکی نسج طب کیهان	تهارن	نخهای بخیه مصنوعی قابل جذب	تولید مستقل
۶	تولیدی بازرگانی تجهیز گستر تامین سلامت	مرکزی	نخهای بخیه مصنوعی قابل جذب	تولید مستقل

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

واردات نخ بخیه در سال ۱۴۰۲ به کشور بنابر آمار رسمی گمرک به شرح زیر بوده است.

کد تعرفه	عنوان	مقدار واردات (تن)	ارزش واردات (میلیون دلار)
۹۰۱۸۳۲۳۰	ترخیص سوزن بخیه با نخ، تک سوزنه با سایز نخ صفر الی ۰/۵ از نوع کات‌گوت‌پلین، کات‌گوت کرومیک، نایلون، سیلک، پلی‌پروپیلن	۵۹	۰.۰۱۴
۳۰۰۶۱۰۱۰	نخ‌های جراحی بدون سوزن به سایز نخ صفر تا ۰/۵ از انواع کات‌گوت پلین، کات‌گوت کرومیک، نایلون، سیلک، پلی‌پروپیلن. (P.V.D.F) MONOFILAMENT Teflon (P.G.A) Polyglycolic Acid	-	-
۹۰۱۸۳۲۳۵	سایر سوزن بخیه با نخ جراحی	۲۰.۶	۸.۳۷
مجموع		۷۹.۶	۸.۳۸۴

بنابر اظهار آمارنامه دارویی کشور، در سال ۱۴۰۳، ۲۷.۳ میلیون ویال تزریقی سدیم هپارین به ارزش ۱.۰۴ همت در کشور توزیع شده است. با توجه به دوز ۵۰۰۰ واحد هپارین سدیم در هر ویال، ۱۳۶.۵ میلیارد واحد هپارین سدیم در تولید استفاده شده است. هر واحد هپارین حدود ۰.۰۰۲ میلی گرم هپارین خالص دارد، بنابریان مقدار هپارین مصرفی کشور حدود ۲۷۳ کیلوگرم تخمین زده می‌شود. شرکت‌های دارویی تامین کننده ویال هپارین سدیم ۵۰۰۰ به شرح زیر هستند:

شرکت تامین کننده	درصد از کل اقلام	تعداد (میلیون عدد)	ارزش ریالی (میلیارد تومان)
داروسازی کاسپین تأمین	۳۰.۹۱٪	۸.۴۳	۳۲۰
کارخانجات داروپخش	۲۶.۵۸٪	۷.۲۵	۲۷۵
ایران هورمون	۱۸.۴۴٪	۵.۰۳	۱۹۱
البرز دارو	۱۰.۵۲٪	۲.۸۷	۱۰۹
داروسازی اکسیر	۸.۱۹٪	۲.۲۳	۸۴.۸
رویان دارو	۳.۵۸٪	۰.۹۶	۳۷
داروسازی اسوه	۱.۷۸٪	۰.۴۹	۱۸.۴۶
داروسازی ریحان	۰.۰۰۱٪	۰.۰۰۰۴	۰.۱۷
مجموع		۲۷.۳	۱.۰۴

بنابر اظهار آمارنامه دارویی کشور، در سال ۱۴۰۳، ۱۵.۰۸ میلیون ویال تزریقی سدیم انوکساپارین به ارزش ۱.۳۱ همت در کشور توزیع شده است. مقدار انوکساپارین مصرفی کشور حدود ۱۵ کیلوگرم تخمین زده می‌شود. شرکت‌های دارویی تامین کننده ویال انوکساپارین سدیم به شرح زیر هستند:

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شرکت تامین کننده	درصد از کل اقلام	تعداد (میلیون عدد)	ارزش ریالی (میلیارد تومان)
اکتوورکو	۲۳.۲۱٪	۳.۵	۲۹۹.۳۸
داروسازی اکسیر	۱۶.۲۵٪	۲.۴۵	۲۲۴.۶۹
البرز دارو	۱۵.۴۳۵	۲.۳۳	۲۰۳.۴۱
داروسازی تهران شیمی	۱۰.۲۵٪	۱.۵	۱۳۸.۵۵
فراورده‌های پویش دارو	۷.۹۰۵	۱.۲۰	۱۰۴.۴۸
روناک	۷.۴۴۰٪	۱.۱۲	۹۶.۷۵
کارخانجات داروپخش	۵.۹۸٪	۰.۹۰	۷۱.۵۸
داروسازی کاسپین تأمین	۵.۵۹٪	۰.۸۴	۷۱.۱۷
داروسازی زهراوی	۳.۹۳٪	۰.۵۹	۵۰.۴۵
داروسازی اسوه	۲.۵۳٪	۰.۳۸	۳۲.۷۹
ویتان فارمد	۱.۲۹٪	۰.۱۹	۱۶.۵۲
تحقیقاتی و تولیدی سیناژن	۰.۲۲٪	۰.۰۳	۲.۷۳
مجموع		۱۵.۰۸	۱.۳۱ همت

واردات عصاره‌های غدد به کشور تحت تعرفه ۳۰۰۱۲۰۰۰ است که در سال ۱۴۰۳ حدود ۵.۲۱ تن با ارزش ۲.۴ میلیون دلار وارد کشور شده است.

۵-۳- سایر محصولات قابل استحصال از کشتارگاه دام و طیور

حوزه‌ی پالایشگاه زیستی کشتارگاهی نیز به‌مانند مصادیق فوق‌الذکر ظرفیت‌های گسترده‌ای دارد. مهم‌ترین رکن در شروع پالایشگاه زیستی کشتارگاهی، مجتمع بودن زیست‌تودهٔ تولیدی که شامل خون، پشم، روده، امعاء و احشاء است. در جدول زیر سعی شده است ظرفیت‌های پالایشگاه زیستی کشتارگاهی دامی اشاره شود. نظر به اینکه کمیّت و کیفیّت جمع‌آوری زیست‌توده در پالایشگاه زیستی کشتارگاهی بسیار حائز اهمیت است، می‌توان گفت تمام طرح‌های معنادار پالایشگاه زیستی کشتارگاهی در کشتارگاه‌های صنعتی با نظارت و مدیریت مناسب قابل اجراست.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۵-۳) ظرفیت‌های پالایشگاه زیستی کشتارگاهی دامی

ردیف	عنوان	ارزش بازار داخل-صادراتی
۱	تولید هپارین از مخاط روده گاو/گوسفند	۴۰۰۰ میلیارد تومان
۲	تولید نخ بخیه از روده گاو/گوسفند	۱۰۰۰۰ میلیارد تومان
۳	تولید پودر پلاسما و هموگلوبین گرید غذایی/دامی	۵۰۰ میلیارد تومان
۴	تولید پودر خون گرید خوراک دام	۸۰۰ میلیارد تومان
۵	تولید خون هیدرولیز شده به‌عنوان کود و محرک رشد گیاهان و گلخانه	بیش از ۲۰۰ میلیارد تومان
۶	تولید هیدرولیزات چرم، سم و پشم به‌عنوان خوراک طیور و کود	بیش از ۱۰۰ میلیارد تومان
۷	تولید بایل اسید از مایع صفرا به‌عنوان تقویت گوارش جوجه و آبزیان	بیش از ۵۰ میلیارد تومان
۸	تولید هیدرولیزات آنزیمی ضایعات گوشت و جگر و خون به‌عنوان مکمل خوراک دام	بیش از ۲۰۰ میلیارد تومان
۹	تولید خون استریل برای پرورش زالو	بیش از ۲۰ میلیارد تومان
۱۰	تولید فسفولیپید از مخاط شش گاو به‌عنوان داروی سندرم زجر تنفسی	۵-۴ میلیون دلار
۱۱	تولید کندرویتین سولفات از غضروف خرخره و بینی گاو به‌عنوان مکمل انسان و حیوانات خانگی	بیش از ۱۰۰ میلیارد تومان
۱۲	فراوری و صادرات بقایای حرام دامی (بیضه، زردپی، و...)	بیش از ۶.۵ میلیون دلار
۱۳	تولید آنزیم آلکالین فسفاتاز، هیالورونیداز، پپسین، تریپسین، پانکراتین	بیش از ۵۰ میلیارد تومان
۱۴	تولید کراتین از پشم گوسفند	بیش از ۲۰۰ میلیارد تومان
۱۵	تولید روغن تالو از چربی گاوی	بیش از ۲۰ میلیون دلار
۱۶	ژلاتین و مشتقات	بیش از ۴۶ میلیون دلار

۲-۵-۳- آنتی بیوتیک ها

آنتی بیوتیک ها از جمله مهم‌ترین و پرکاربردترین داروها در سطح جهان و ایران دسته بندی می‌شوند. بازار آنتی‌بیوتیک‌های مهم صنعتی نظیر پنی‌سیلین G و آموکسی‌سیلین در ایران سهمی بالغ بر ۲۱۰ میلیون دلار از ظرفیت بازار زیست‌فناوری صنعتی را به خود اختصاص داده است. این ترکیبات، هسته اصلی مبارزه با عفونت‌های باکتریایی را تشکیل می‌دهند و تولید آن‌ها به‌طور سنتی از طریق فرآیندهای تخمیر میکروبی توسط سویه‌های قارچی و باکتریایی صورت می‌گیرد و سپس به آنتی‌بیوتیک‌های نیمه‌صنعتی (مانند آموکسی‌سیلین) تبدیل می‌شوند. پنی‌سیلین G به‌عنوان یک آنتی‌بیوتیک تزریقی با طیف اثر مشخص و آموکسی‌سیلین به‌عنوان یک آنتی‌بیوتیک خوراکی با کاربرد گسترده، از پرمصرف‌ترین داروهای جهان محسوب می‌شوند.

چین به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده مواد اولیه فعال دارویی (API) در جهان (سهته های بتالاکتام و زنجیره‌های جانبی مانند D-p-HPG و D-p-PG)، نقش غالب را در تأمین مواد اولیه پنی‌سیلین و مشتقات آن ایفا می‌کند. این موضوع، وابستگی بسیاری از کشورها به زنجیره‌های تأمین آسیایی را نشان می‌دهد. در ایران، صنعت داروسازی با تاریخچه‌ای طولانی در تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، تولیدکنندگان فعال و بزرگی در این عرصه دارد که تلاش می‌کنند بخشی از نیاز داخلی را از طریق تولید API و فرمولاسیون نهایی تأمین کنند. با این حال، ارزش بازار ۲۱۰ میلیون دلاری در این بخش، بر لزوم تقویت استقلال فناورانه در تولید مواد اولیه پایه برای مقابله با بحران‌های احتمالی در زنجیره تأمین جهانی و جلوگیری از کمبود دارو تأکید می‌کند. توسعه سویه‌های بومی با بازده تولید بالاتر و بهینه‌سازی فرآیندهای جداسازی و خالص‌سازی، از اولویت‌های پژوهشی این بخش

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

به شمار می‌آیند.

آموکسی‌سیلین و بعد از آن، آنتی‌بیوتیک‌های بر پایه سفالوسپرین از جمله پر مصرف ترین آنتی‌بیوتیک‌های در ایران و جهان است. طبق آمار بانک ملت در اسفند ۱۴۰۲، آنتی‌بیوتیک‌های پر مصرف کشور عبارتند از: آموکسی‌سیلین، آزیترومایسین، سفکسیم، مروپنم، کوآموکسی کلاو و سفازولین



شکل (۴-۳) آنتی‌بیوتیک پر مصرف کشور

بر اساس بیان سید احمد موسوی؛ مدیرعامل شرکت آنتی‌بیوتیک سازی ایران در سال ۱۴۰۲، نیاز آموکسی‌سیلین کشور در آمارنامه‌ها ۷۰۰ تا ۸۰۰ تن نیاز ذکر شده اما نیاز واقعی کشور به ۱۰۰۰ تن آموکسی‌سیلین است. نیاز آنتی‌بیوتیک کشور به شرح زیر است.

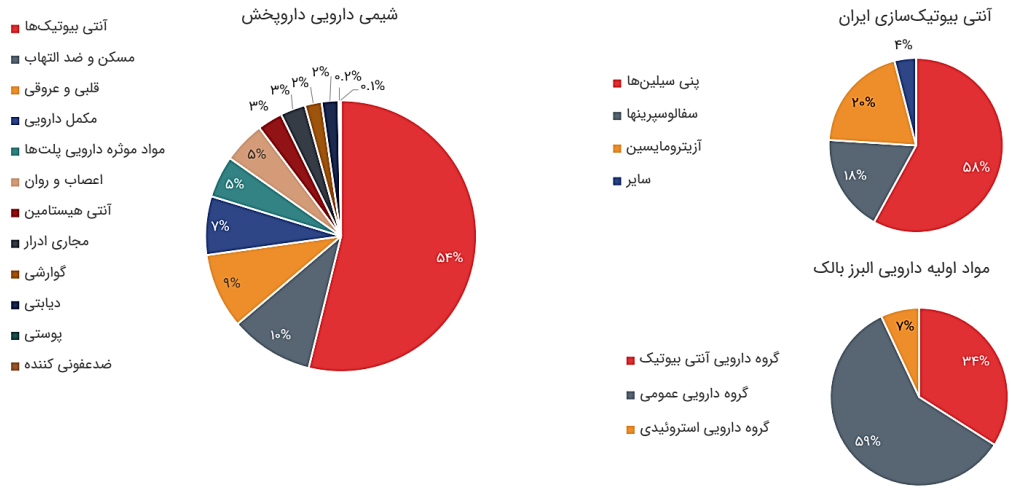
جدول (۶-۳) نیاز آنتی‌بیوتیک کشور و شرکت‌های تولیدکننده

آنتی‌بیوتیک	نیاز کشور	شرکت‌های تولیدکننده
آموکسی‌سیلین	۱۰۰۰ تن	آنتی‌بیوتیک سازی ایران، دانا، شفافارمد
سفالکسین	۱۷۰-۱۵۰ تن	آنتی‌بیوتیک سازی ایران، دانا، مواد اولیه شیمی
سفکسیم	۱۵۰ تن	آنتی‌بیوتیک سازی ایران، دانا، البرز بالک، مواد اولیه تهران شیمی
آزیترومایسین	۱۵۰ تن	آنتی‌بیوتیک سازی ایران، شفافارمد، مواد اولیه تهران شیمی، شیمی دارویی داروپخش

ترکیب فروش محصولات این شرکت‌ها به شرح زیر است.

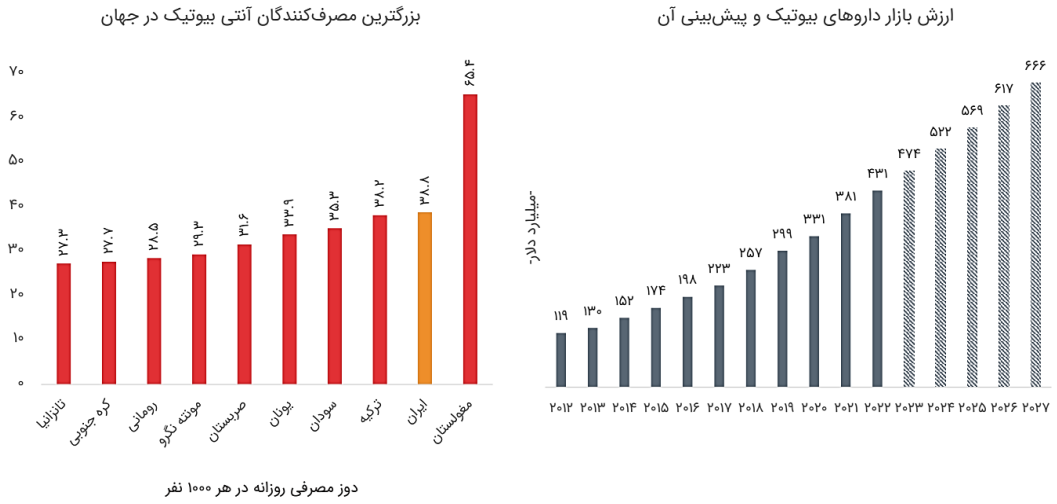
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵-۳) ترکیب فروش شرکت‌ها در سال ۱۴۰۰

هم چنین به بیان آقای موسوی، در صنعت ماده اولیه، آمارهایی که داده می‌شود ۷۲ درصد مواد اولیه موردنیاز و ۹۷ درصد محصول نهایی در داخل تولید می‌شود. با بیان واقع‌بینانه‌تر، از این ۷۲ درصد ماده اولیه‌ای تولید شده در کشور، یک‌سری حد واسط‌هایی برای تولید آنهاست که در داخل تولید نمی‌شود و وارداتی است؛ یعنی در کشور ۷۲ درصد تولید واقعی مواد اولیه انجام می‌شود؛ اما همچنان برای تولید این ۷۲ درصد، نیاز به تولید مواد حد واسط است. hpg یکی از این حد واسط‌ها برای تولید نهایی آنتی‌بیوتیک‌هاست. شکل زیر نمایش‌دهنده بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آنتی‌بیوتیک در جهان است.

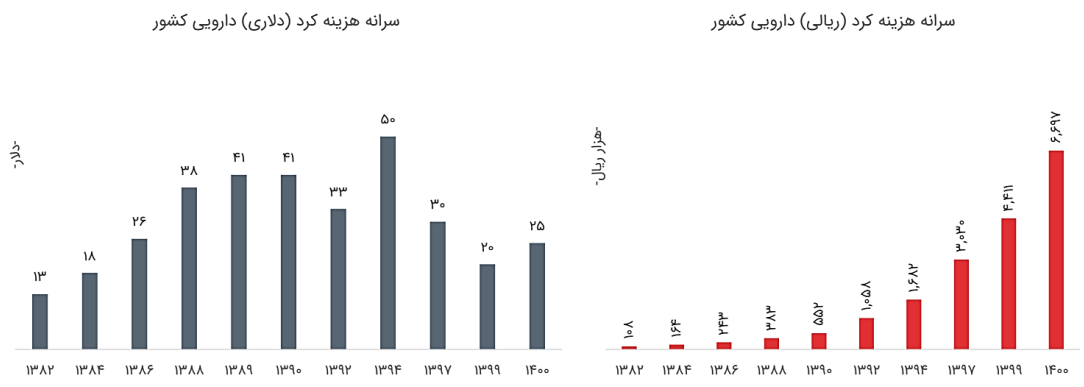


شکل (۶-۳) بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آنتی‌بیوتیک در جهان

سرانه هزینه‌کرد دارویی کشور در شکل زیر مشخص است. براین‌اساس سرانه هزینه‌کرد دارویی کشور در سال ۱۴۰۰ حدود ۲۵ دلار بوده است.

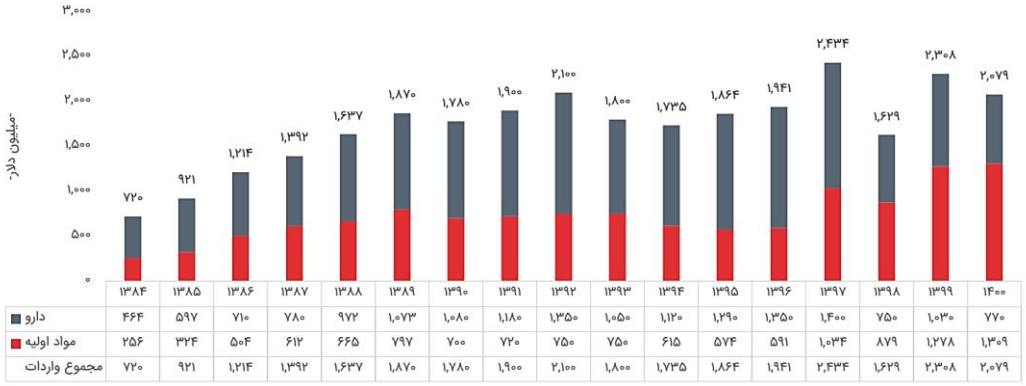
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



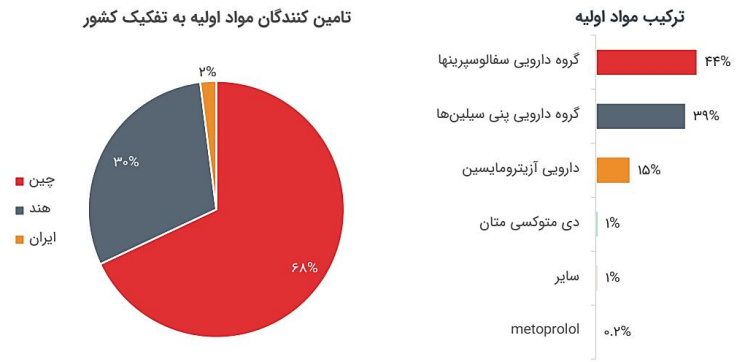
شکل (۷-۳) سرانه هزینه‌کرد دارویی کشور

که از این مقدار در سال ۱۴۰۰، حدود ۱۳۰۰ میلیون دلار صرف وادرات مواد اولیه دارویی به کشور گشته است.



شکل (۸-۳) واردات دارو و مواد اولیه دارو به ایران

آنتی‌بیوتیک سازی ایران جزو سه شرکت بزرگ تولیدکننده مواد مؤثره دارویی در کشور و خاورمیانه است و قابلیت تأمین بیش از ۶۰٪مواد اولیه آنتی‌بیوتیک‌های بتالاکتام خوراکی کشور را دارد. ترکیب مواد اولیه و تامین کنندگان این شرکت به شرح زیر است. باتوجه‌به شکل، عمده مواد اولیه این شرکت از طریق واردات تامین می‌گردد.

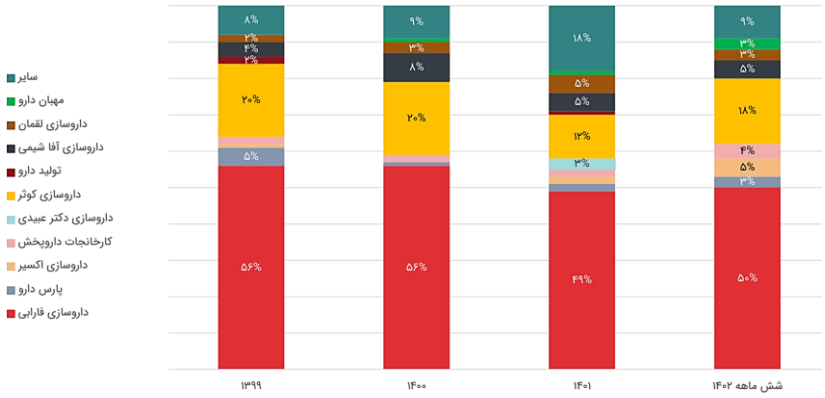


شکل (۹-۳) ترکیب مواد اولیه و تأمین‌کنندگان شرکت آنتی‌بیوتیک سازی ایران

مشتریان این شرکت به شرح زیر هستند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۰-۳) مشتریان شرکت آنتی‌بیوتیک‌سازی ایران

با توجه به آمارنامه دارویی سال ۱۴۰۲ کشور، آمار آنتی بیوتیک های برپایه سفالوسپرین کشور به شرح زیر است. عمده این آنتی بیوتیک ها در کشور تولید شده و سهم کمی برای واردات آنها وجود دارد. از مجموع ۳۲۵۰.۲۰ میلیارد تومان فروش، سهم بخش واردات حدود ۱۰۷ میلیارد تومان بوده است. طبق جدول زیر، آنتی بیوتیک های بیان شده در جدول بالا به جز آموکسی سیلین در کشور تولید نشده و آماری برای واردات آنها در آمارنامه دارویی ۱۴۰۲ وجود ندارد. جستجوی نام ژنریک آنها نمایش دهنده هیچ محصولی نیست. با این وجود قرص سفادروکسیل در کشور وجود دارد.

جدول (۷-۳) آمار آنتی بیوتیک های برپایه سفالوسپرین کشور

نام ژنریک		ارزش ریالی (میلیارد تومان) بر مبنای قیمت مصرف کننده
سفازولین	Cefazolin	۹۷۳.۹۹
سفالکسین	Cefalexin	۸۰۳.۶۰
سفکسیم	Cefixime	۵۶۰.۷۲
سفترياکسون	Ceftriaxone	۵۳۹.۹۸
سفتازیدیم	Ceftazidime	۱۴۱.۵۵
سفتیزوکسیم	Ceftizoxime	۱۲۸.۴۶
سفپیم	Cefepime	۵۳.۳۲
سفوروکسیم	Cefuroxim	۲۷.۴۳
سفوتاکسیم	Cefotaxime	۲۱.۱۶
مجموع		

۳-۵-۳- حلال‌های زیستی

زیست فناوری صنعتی در تولید حلال‌های زیستی مختلفی در جهان استفاده می‌شود. بازار حلال‌های زیستی کلیدی نظیر اتانول و فورفورال کشور با ارزش تقریبی ۱۰۰ میلیون دلار، نمایانگر نقش بیوتکنولوژی در تولید مواد شیمیایی پایه با استفاده از منابع تجدیدپذیر است. اتانول زیستی، که از تخمیر قندها و نشاسته توسط مخمرها (به‌ویژه *Saccharomyces cerevisiae*) به‌دست می‌آید، کاربرد دوگانه‌ای دارد: در صنایع دارویی و بهداشتی به‌عنوان حلال، ضدعفونی‌کننده و ماده اولیه و در بخش انرژی به‌عنوان سوخت زیستی یا افزودنی سوخت (اتانول مطلق). فورفورال یک ترکیب آلی حلقوی است که از هیدرولیز

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

بیومس‌های لیگنوسلولزی (مانند باگاس نیشکر یا پوست ذرت) به دست می‌آید و به‌عنوان یک حلال انتخابی مهم در صنایع پتروشیمی (برای جداسازی هیدروکربن‌ها)، تولید رزین‌های فوران و سنتز واسطه‌های شیمیایی کاربرد دارد.

۱-۳-۵-۳- اتانول سوختی (اتانول مطلق)

در سطح جهانی، تولید اتانول سوختی عمدتاً در ایالات متحده (بر پایه ذرت) و برزیل (بر پایه نیشکر) متمرکز است، در حالی که تولید فورفورال به کشورهایی با منابع فراوان بیومس کشاورزی نظیر چین، آفریقای جنوبی و جمهوری دومینیکن وابسته است. در ایران، تولید اتانول عمدتاً بر پایه ملاس چغندر قند انجام می‌شود و شرکت‌های تولیدکننده الکل، بازیگران اصلی این بازار هستند. در خصوص فورفورال، با وجود منابع غنی بیومس، تولید صنعتی در مقیاس بالا هنوز به‌طور کامل توسعه نیافته و بخش عمده‌ای از نیاز بازار از طریق واردات تأمین می‌گردد. ارزش بازار ۱۰۰ میلیون دلاری، اهمیت استراتژیک این حلال‌ها را در صنایع پایین‌دستی و پتانسیل جایگزینی آن‌ها با حلال‌های نفتی گران‌تر نشان می‌دهد.

در حال حاضر تنها شرکت گسترش سوخت سبز زاگرس در کشور، اتانول مطلق تولید می‌نماید. هدف از ایجاد شرکت در وهله نخست بومی سازی تکنولوژی تولید بیواتانول و در نتیجه هموار کردن مسیر سرمایه گذاری بخش خصوصی و در این راستا ایجاد دو کارخانه تولید بیواتانول سوختی از غلات (خصوصاً غلات ضایعاتی) و مکمل پرپروتئین خوراک به عنوان محصول جانبی در کرمانشاه و باشت می‌باشد. ظرفیت تولید بیواتانول سوختی این شرکت در مجموع دو کارخانه روزانه ۴۰۰ هزار لیتر و سالانه ۱۳۲ میلیون لیتر خواهد بود. مکمل پرپروتئین خوراک دام (DDGS) به عنوان محصول جانبی این دو کارخلنه و با ظرفیت سالانه ۱۲۰ هزار تن خوراکی بسیار مناسب جهت تامین پروتئین مورد نیاز واحدهای دام و طیور کشور خواهد بود. ظرفیت تولید کنونی این شرکت ۲۰۰ متر مکعب در روز است. شکل زیر سبد محصولات این شرکت را نمایش می‌دهد. محصول اصلی این شرکت، بایواتانول سوختی بدون آب تولید شده به روش تخمیری از انواع غلات است. کنجالهٔ تخمیری یا همان DDGS (DRIED Distillers Grain With Solubles) دومین محصول اصلی شرکت گسترش سوخت سبز زاگرس می‌باشد. این شرکت علاوه بر دو محصول اصلی خود، محصولات جانبی دیگری مانند فوزیل اویل در حال حاضر تولید می‌کند و محصولات جانبی دیگر مانند گاز کربنیک و روغن ذرت را در آینده با اجرای طرح‌های توسعه‌ای خود تولید کند.



شکل (۱۱-۳) سبد محصولات شرکت گسترش سبز زاگرس

این شرکت در حال حاضر یک پالایشگاه زیستی در استان کرمانشاه داشته و پالایشگاه زیستی دوم آن در باشت در سال ۱۴۰۵ به بهرهبرداری خواهد رسید.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۲-۳) پالایشگاه‌های زیستی شرکت گسترش سوخت سبز زاگرس

بایواتانول سوختی بدون آب تولید شده در شرکت گسترش سوخت سبز زاگرس به روش تخمیری از انواع غلات تولید می‌شود و پس از آبگیری و رسیدن به درجه خلوص بالاتر از ۹۹.۵ درصد، جایگزین مواد مختلف اکتان افزای پترو شیمیایی زیان آور برای محیط زیست و برای سلامتی مردم به ویژه (MTBE) در بنزین تولیدی مصرفی کشور می‌گردد. مشخصات کیفی محصول تولیدی در این شرکت با استانداردهای آمریکایی (ASTM) و اروپایی (EN) مطابقت داشته و ویژگی‌های مورد نظر را با توجه به تصویب مقررات رگولاتوری سوخت کشور در شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران مبنی بر امتزاج ۵ درصد بیواتانول با بنزین در پالایشگاه‌ها را به طور کامل پوشش می‌دهد. ظرفیت اسمی هر یک از کارخانه‌های تولیدی شرکت سوخت سبززاگرس ۲۰۰،۰۰۰ لیتر در روز، یا ۶۶ میلیون لیتر بیواتانول سوختی بدون آب در سال می‌باشد.

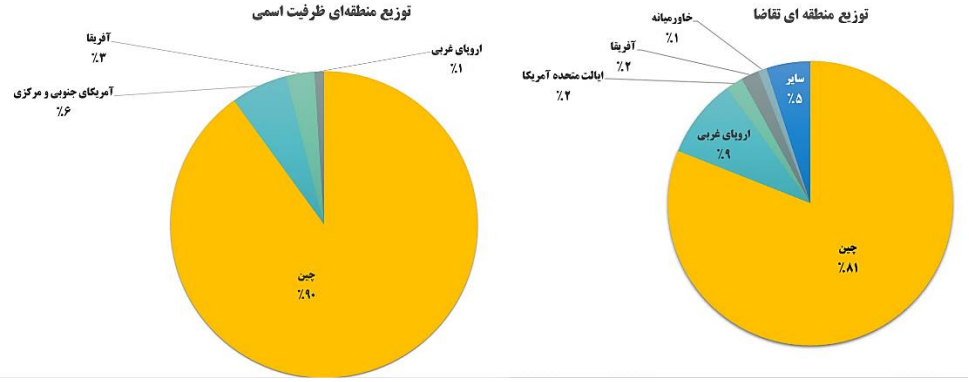
۲-۳-۵-۳- فورفورال

حلال زیستی پرکاربرد دیگر، فورفورال و مشتقات آن است. چین با بیش از ۸۵ ٪ ظرفیت جهانی و بیش از ۸۰ ٪ تولید، پیشرو در بازار جهانی فورفورال (با استفاده از ذرت) است. هم‌چنین در تولید مشتقات فورفورال مانند فورفوریل الکل و سایر کاربردهای فورفورال نظیر استفاده به‌عنوان حلال انتخابی در روغن‌های روان‌کننده جایگاه اول را در دنیا دارد. چین با رشد سالانه ۳ الی ۴٪ تا ۵ سال آینده همچنان اولین در بازار جهانی خواهد ملند و هم‌چنین بیش از ۷۵ درصد از مصرف جهانی را به خود اختصاص داده و بزرگ‌ترین صادرکننده‌ی فورفورال و فورفوریل الکل نیز می‌باشد. بیشتر فورفورال چین از ذرت تهیه می‌شود، بنابراین قیمت‌ها به تغییر فصل، شاخص‌های اقتصاد کلان و نرخ عملیاتی تولیدکنندگان بستگی دارد. ۵ شرکت بزرگ تولیدکننده که بزرگ‌ترین آن‌ها Jinan است، حدود ٪ ۵۰ از کل ظرفیت جهانی را در اختیار دارند. در سال ۲۰۲۰ حدود ۷۳ هزار تن فورفورال در سراسر دنیا تجارت شده است که نسبت به تولید معادل ٪ ۱۳ است. این ماده تجارت پذیری پایینی دارد

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

که بیشتر به خاطر خطرناک بودن و محدود بودن مناطق متقاضی آن است.



شکل (۱۳-۳) توزیع منطقه‌ای تقاضا (راست) و توزیع منطقه‌ای ظرفیت اسمی (چپ) فورفورال در جهان

چین و اروپای غربی مجموعاً ٪ ۹۰ از تقاضا را تشکیل می‌دهند و ٪ ۹۱ از ظرفیت تولید را نیز در اختیار دارند، لذا محدود بودن تجارت در بازار این محصول قابل پیش‌بینی است. بعد از چین، کشورهای آمریکای جنوبی و افریقا بیشترین تولید را دارند. در اروپا بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی فورفورال Central Romana Corporation در جمهوری دومینیکن[1] است که از ملاس نیشکر جهت تولید فورفورال استفاده می‌کند. بیشتر فورفورال تولیدشده در CRC با کشتی به شرکت TransFurans در بلژیک منتقل می‌شود تا به فورفوریل الکل تبدیل گردد. سپس فورفورال و فورفوریل الکل تولید شده توسط شرکت به مقاصد صادراتی ارسال می‌شود. اروپای غربی پس از چین دومین مصرف کننده فورفورال در دنیاست اما ظرفیت اسمی زیادی ندارد و اکثر نیاز خود را از طریق واردات تامین می‌کند. اروپای غربی بزرگ‌ترین واردکننده‌ی این ماده در دنیاست و در سال ۲۰۲۰ حدود ۴۴ هزار تن فورفورال از چین و جمهوری دومینیکن وارد کرده است. هند نیز پتانسیل زیادی برای تولید فورفورال از نیشکر دارد اما امروزه کاربردهای زیادی از این ماده در هند وجود ندارد.

تقاضای فورفورال خاورمیانه در سال ۲۰۲۰ حدود ۴.۵ هزار تن بوده است که بیشتر آن از طریق واردات تأمین می‌شود. شرکت نفت بهران در شوشتر با ظرفیت سالانه ۲۵۰۰ تن تنها واحد تولیدکننده‌ی فورفورال در خاورمیانه است که فورفورال خود را از باگاس نیشکر تولید می‌کند.

۵ واحد تولیدکننده در ایران شرکت نفت بهران، ایرانول آبادان، ایرانول تهران، نفت پارس و نفت سپاهان هستند که مجموعاً ظرفیتی برابر با ۱۰۳۵ هزار تن در سال دارند. میزان مصرف فورفورال به‌عنوان حلال برای استخراج بوتادین و مصارف واحدهای روغن روانکار خاورمیانه ۱۰۰۰ تن در سال ۲۰۱۹ ذکر شده است. عمده‌ترین کاربرد فورفورال جهت سنتز فورفوریل الکل می‌باشد که واحد فعالی برای تولید آن در خاورمیانه وجود نداشته و کاملاً وارداتی می‌باشد. میزان مصرف فورفورال برای سنتز موادی به جز فورفوریل الکل، مانند تتراهیدروفوران، تتراهیدروفورفوریل الکل، فوران و فورفوریل آمین برای خاورمیانه ۱۱۰۰ تن لحاظ شده است.

جدول زیر واردات فورفورال و مشتقات آن در سال ۱۴۰۳ را نمایش می‌دهد.

[1] Dominican Republic

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کد تعرفه	عنوان	مقدار واردات (تن)	ارزش واردات (میلیون دلار)
۲۹۳۲۱۱۰۰	تتراهیدروفوران	۲۳۷۳	۱۵.۸۸
۲۹۳۲۱۲۰۰	۲-فورالدهید (فورفورال)	۲۵۰	۰.۴
۲۹۳۲۱۳۰۰	الکل فورفورولیک و الکل تترات هیدروفورفورولیک	۶۲۵	۰.۸۱

۳-۳-۵-۳- تخمیر ABE (تولید همزمان استون، بوتانول و اتانول)

تخمیر استون - بوتانول - اتانول (ABE) که به نام فرآیند ویزمن نیز شناخته می‌شود، فرایندی است که از تخمیر باکتریایی برای تولید استون، n- بوتانول و اتانول استفاده می‌کند. تخمیر ABE یک مسیر بالقوه برای تولید منابع انرژی تجدید پذیر و سازگار با محیط زیست، به ویژه بیوبوتانول، ارائه می‌دهد و به نظر می‌رسد می‌تواند به عنوان راه حلی برای کاهش نگرانی‌های جهانی در مورد تغییرات آب و هوا و پایداری سوخت‌های فسیلی باشد. در حال حاضر در جهان، چین بیشتری واحد تولید تخمیر همزمان ABE را دارد و به جز شرکت‌های چینی، حدود انگشت شمار واحد در بقیه نقاط جهان دارای شرکت‌های تخمیر همزمان ABE هستند.

تخمیر ABE در طول جنگ جهانی اول، زمانی که استون برای تولید کوردیت، یک ماده ضروری برای صنعت جنگ بریتانیا، تقاضای زیادی داشت، اهمیت پیدا کرد. فرایند ویزمن توسط شرکت Commercial Solvents Corporation از سال ۱۹۲۰ تا ۱۹۶۴ با کارخانه‌هایی در ایالات متحده و لیورپول، انگلستان، اجرا شد. کارخانه Peoria بزرگ‌ترین کارخانه این شرکت بود و از ملاس به عنوان خوراک استفاده می‌کرد و دارای ۹۶ فرمانتور با حجم ۹۶۰۰۰ گالن بود. پس از جنگ جهانی دوم، تخمیر ABE در مقایسه با تولید همان سه حلال (استون، بوتانول، اتانول) از نفت، به طور کلی غیر سودآور شد. طی دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، تخمیر ABE با پالایشگاه‌های نفتی تولید ننده این سه حلال، جایگزین شد. در سال‌های اخیر، باتو. جه به پیشرفت بیوتکنولوژی ونیاز جهانی، با بهنیه سازی فرایند و استفاده از مواد اولیه ارزان قیمت، واحدهای تولید کننده تخمیری ABE دوباره در جهان و به خصوص چین، شروع به کار کرده‌اند. قیمت مواد اولیه عامل بزرگی در هر صنعت تولیدی است. ضایعات لیگنوسلولزی و جلبک‌ها بسیار ارزان‌تر از آنچه در دهه ۵۰ استفاده می‌شد، هستند. این مواد اولیه زیست توده غیرغذایی بوده و رقابتی هم غذای مودنیاز جامعه جهانی ندارند. از طرف دیگر این ضایعات عموماً دور ریخته می‌شوند و تخمیر آن‌ها به منظور تبدیل به مواد با ارزش افزوده بالا، سبب مدیریات بهتر حجم بالای ضایعات تولیدی در جهان و تکمیل زنجیره ارزش و اقتصاد زیستی چرخشی است.

از طرف دیگر، حلال‌ها و مواد شیمیایی پایدار گام مهمی به سوی هدف نهایی یک صنعت شیمیایی خودپایدار هستند. در بریتانیا و اتحادیه اروپا، حرکت به سمت شیمی سبز و پایدار در همه بخش‌ها در حال ایجاد است. فشار مصرف‌کنندگان، سازمان‌های غیرانتفاعی و مقررات، باعث توسعه محصولات جدید مبتنی بر زیست می‌شود و جایگزینی حلال‌های پتروشیمی با معادل‌های مبتنی بر زیست می‌تواند کمک بزرگی باشد. با توجه به مصرف گسترده نفت و روند افزایشی قیمت آن در دهه‌های گذشته، استفاده از سوخت‌های زیستی به عنوان جایگزینی جزئی برای سوخت‌های فسیلی در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. در میان سوخت‌های جایگزین، بوتانول مبتنی بر زیستی انتظار می‌رود که نقش عمده‌ای در نسل بعدی سوخت‌های زیستی ایفا کند. بوتانول (۱-بوتانول، n-بوتانول) یک الکل اولیه C4 شفاف، کم ویسکوزیته و خنثی است.

از جمله بهینه سازی‌های انجام شده بر روی فرآیند تخمیر مدرن ABE نسبت به نسخه مورد استفاده در دهه ۱۹۶۰ که باعث

https://heiatelmi.ir

افزایش محبوبیت این روش برای تولید حلال‌های زیست پایه شده است، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- ✓ بهینه سازی راکتورهای مورداستفاده
- ✓ استفاده از محصولات جانبی تولید شده طی فرایند
- ✓ استفاده از زیست توده غیرغذایی
- ✓ بهینه سازی میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در تخمیر

بااین حال این فرایند با چالش‌هایی هم رو به رو است. مانند هر فرآیند شیمیایی زیستی، تخمیر ABE در حال رقابت با تولید بهینه پتروشیمی در مقیاس عظیم است. بنابراین، مواجه شدن با قیمت رقبای پتروشیمی یک چالش بزرگ برای تولیدکنندگان حلال‌های زیست پایه است، زیرا صرفه‌جویی در مقیاس در آن بسیار زیاد است. هر شرکتی که تخمیر ABE را مقیاس بندی می‌کند، باید فرآیند خود را بهینه کند و هزینه‌های تولید را تا حد امکان کاهش دهد تا بر موانع قیمت گذاری غلبه کند.

در حال حاضر عمده واحدهای تولید ABE در جهان در چین هستند با این وجود چند واحد دیگر تولید ABE نیز در جهان وجود دارد. شرکت‌های Celtic Renewables اسکاتلند، Gevo آمریکا، Godavari Biorefineries Ltd. (Somaiya Group) هند با همین فناوری اقدام به تولید استون، بوتانول و اتانول می‌کنند. شرکت Celtic Renewables که دفتر مرکزی آن در اسکاتلند است از ضایعات صنعت تولید نوشیدنی‌های الکلی برای ماده اولیه تخمیر ABE خود استفاده می‌کند. تأسیسات تولید آزمایشی Caledon Green این شرکت در حال بهینه سازی تولید با ظرفیت ۱۰۰۰ تن در سال است. پالایشگاه‌های زیستی آینده این شرکت در مقیاس تجاری با ظرفیت تولید ۸۰۰۰ تن در سال برنامه ریزی شده است. شرکت Gevo که دفتر مرکزی آن در کلرادو ایالات متحده آمریکا قرار دارد. پتنت‌های تولید ABE خود را از فناوری ButaMaX به دست آورد. البتهاین فناوری در حال حاضر در حال اجرا نیست با این حال این شرکت دارای مجوز انحصاری برای تجاری سازی کار J. Liao بر روی E. coli در تولید بیوبوتانول است.



شکل (۱۴-۳) واحد تولید ABE شرکت اسکاتلندی Celtic Renewables

وب سایت هیات علمی

در حال حاضر در کشور، اگرچه استون، بوتانول و اتانول تولید می‌گردند اما واحد تولید همزمان ABE در کشور وجود ندارد و هر یک از این محصولات به صورت جداگانه در حال تولید هستند. ظرفیت تولید اتانول کشور ۱۶ میلیون تن در سال، استون ۴۳۰۰ تن و انواع بوتانول ۲۷۶۰۰ تن در کشور است.

جدول (۸-۳) شرکت‌های تولید کننده استون در کشور

نام واحد	استان	شرح محصول	ظرفیت (تن / سال)
صنایع پتروشیمی مهان بین الملل تابان	اصفهان	استون	۴۰۰۰
داروسازی کیمیاگر توس	خراسان رضوی	استون	۵۰
کشت و صنعت تقدیس هرب	خراسان رضوی	استون	۴
شرکت عصاره طبیعت زاگرس	چهارمحال و بختیاری	استون	۱۵
داروسازی آرمان دارو خراسان	خراسان رضوی	استون	۴
تعاونی بهین داروی اشراق زنگان	زنجان	استون	۲۰
ریحان داروی خاور زمین	فارس	استون	۱۵
بهداشتی دارویی بلوط بهداشت خزر	مازندران	استون	۱۵۶
مجموع			۴۲۵۸

جدول (۹-۳) شرکت‌های تولیدکننده انواع بوتانول در کشور

نام واحد	استان	شرح محصول	ظرفیت (تن / سال)
پتروشیمی شازند	مرکزی (شازند)	نرمال بوتانول	۵۰۰۰
شیمی بافت	منطقه ویژه اقتصادی (ماهشهر)	نرمال بوتانول	۶۵۰۰
پتروشیمی شیمی بافت	منطقه ویژه اقتصادی (ماهشهر)	نرمال بوتانول	۶۵۰۰
پتروشیمی شازند	مرکزی	ایزو بوتانول	۵۷۰۰
پخش و پالایش پارسا ادیب پویا	سمنان	نرمال بوتانول از ضایعات مواد شیمیایی	۳۰۰۰
اکسیر پویان	مرکزی	نرمال بوتانول از ضایعات مواد شیمیایی	۳۰۰
صنایع شیمیایی کیمیا گستران سپهر	مرکزی (شازند)	نرمال بوتانول از ضایعات مواد شیمیایی	۵۰۰
تولیدی کیمیا رزین اراک	مرکزی (شازند)	نرمال بوتانول از ضایعات مواد شیمیایی	۱۰۰
مجموع			۲۷۶۰۰

واردات استون، اتانول و بوتانول به کشور با کد تعرفه‌های زیر انجام می‌پذیرد.

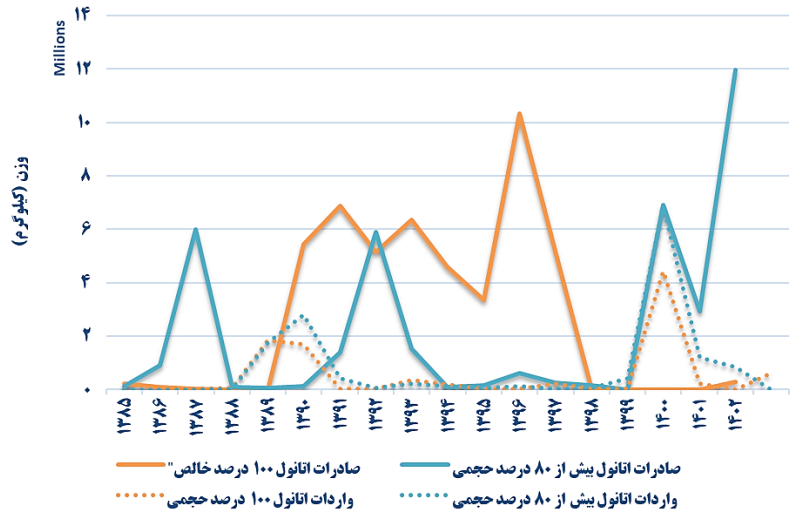
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

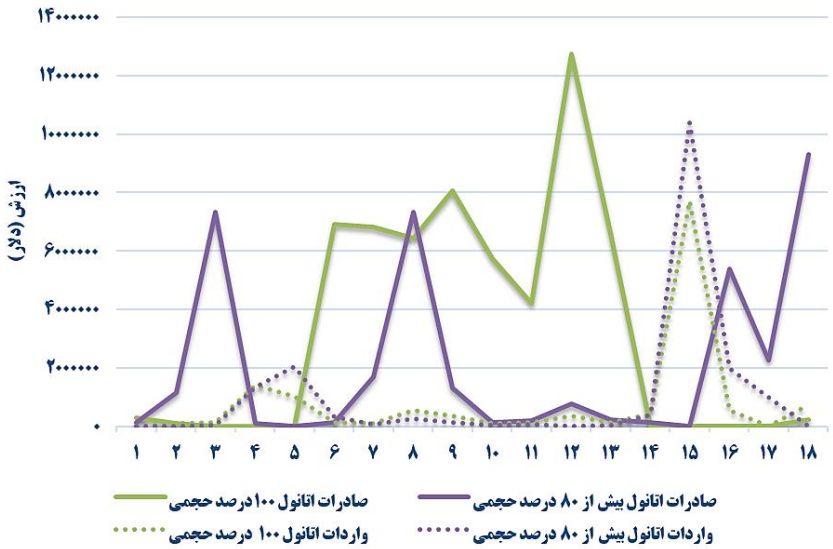
جدول (۱۰-۳) کد تعرفه‌های واردات محصولات تخمیری ABE

کد تعرفه	شرح تعرفه
۲۹۱۴۱۱۰۰	استون
۲۲۰۷۱۰	الکل اتیلیک تقلیب نشده که درجه الکل آن ۸۰ درصد حجمی یا بیشتر باشد.
۲۲۰۷۱۰۱۰	اتانول (الکل اتیلیک، هیدرواکسید) ۱۰۰ درصد خالص
۲۲۰۷۱۰۹۰	سایر (اتانول تقلیب نشده بالاتر از ۸۰ درصد حجمی الکل به غیر از ۱۰۰ درصد خالص)
۲۲۰۷۲۰۰۰	الکل اتیلیک و سایر عرق‌های تقلیب شده با هر قدرت (درجه) الکلی
۲۹۰۵۱۳۰۰	بوتان ـ ۱ ـ ئول (الکل N ـ بوتیلیک)
۲۹۰۵۱۴۰۰	سایر بوتانول‌ها

شکل‌های زیر میزان و ارزش واردات اتانول‌های ۱۰۰٪ حجمی و اتانول بیش از ۸۰٪ حجمی را نمایش می‌دهد.



شکل (۱۵-۳) میزان واردات و صادرات اتانول‌های ۱۰۰٪ حجمی و اتانول بیش از ۸۰٪ حجمی در ۱۸ سال اخیر



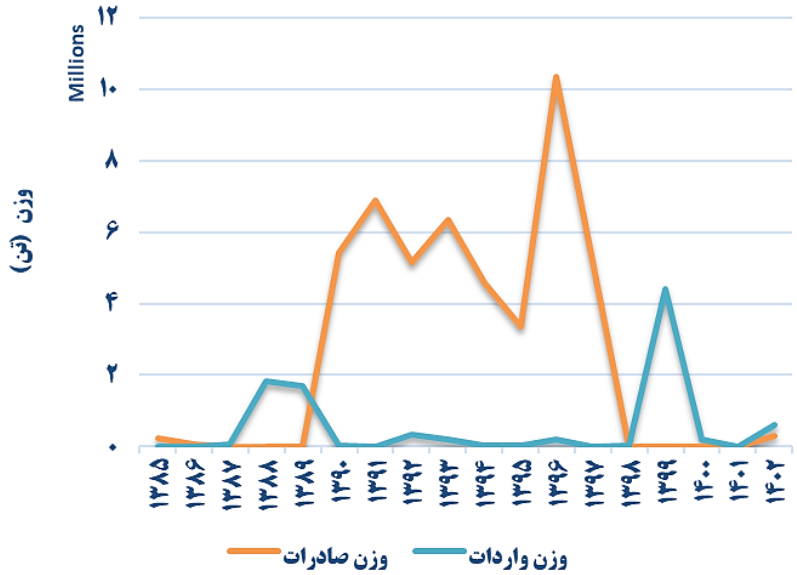
شکل (۱۶-۳) ارزش واردات و صادرات اتانول‌های ۱۰۰٪ حجمی و اتانول بیش از ۸۰٪ حجمی در ۱۸ سال اخیر

میزان واردات اتانول ۱۰۰ درصد خالص در ۱۸ سال گذشته ۹.۶۸ هزار تن به ارزش ۱۳.۹ میلیون دلار بوده است. صادرات اتانول ۱۰۰ درصد خالص در طی این سال‌ها ۴۷.۸۶ هزار تن به ارزش ۵۸.۱۱ میلیون دلار بوده است که موازنه ارزش دلاری را

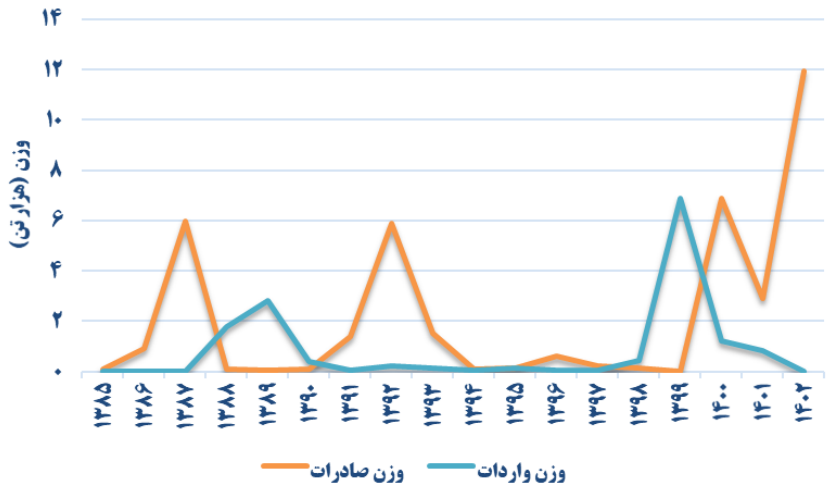
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مثبت می‌نماید. با توجه به شکل روند واردات و صادرات اتانول ۱۰۰ درصد خالص، مشاهده می‌شود که صادرات این ماده در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱، برابر با صفر بوده و صادراتی نداشته است و در سال ۱۳۹۹ صادرات این ماده به اوج خود رسیده است. شکل و جدول روند واردات و صادرات این ماده در هجده سال اخیر در کشور را نمایش می‌دهند.



شکل (۱۷-۳) روند واردات و صادرات اتانول ۱۰۰٪ خالص به کشور در ۱۸ سال اخیر (سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲)

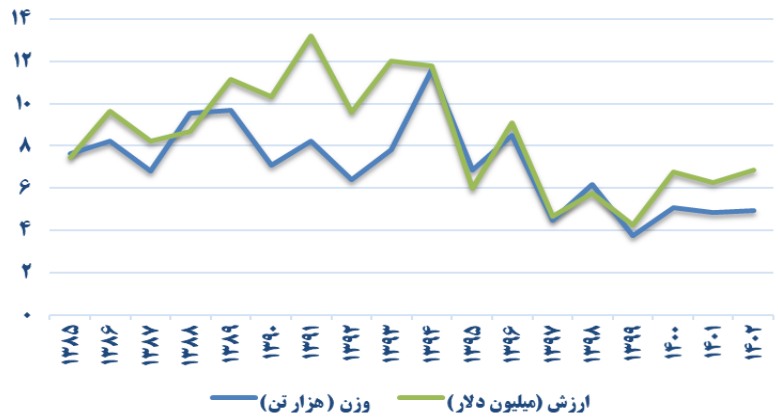


شکل (۱۸-۳) روند واردات و صادرات اتانول تقلیب نشده بالاتر از ۸۰ درصد حجمی الکل به کشور در ۱۸ سال اخیر

ایران به‌عنوان واردکننده عمده استون در منطقه شناخته می‌شود. بر اساس آمارهای موجود، در سال ۱۴۰۳ حدود ۶۴۰۰ تن استون به ارزش ۹ میلیون دلار وارد کرده است. بیشتر واردات استون از امارات (که به‌عنوان هاب ترانشیپ منطقه عمل می‌کند)، هند، سنگاپور و فرانسه بوده است. واردات استون عمدتاً برای تأمین نیازهای صنایع پایین‌دستی مانند رنگ و رزین، چسب، و جوهرهای چاپ انجام می‌شود. نوسانات ارز و هزینه‌های حمل‌ونقل از عوامل مؤثر بر قیمت استون وارداتی در ایران هستند. در سال‌های اخیر، نوسانات ارزی و تغییرات در قیمت‌های جهانی پتروشیمی و حلال‌ها تأثیرات زیادی بر هزینه استون وارداتی داشته‌اند. شکل زیر نمایش دهنده واردات استون به کشور در ۱۸ سال اخیر است. به طور کل ۱۲۸ هزار تن استون به ارزش ۱۵۲ میلیون دلار به کشور وارد شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۹-۳) واردات استون کشور در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲

بوتانول (Butanol) یک حلال آلی و ماده اولیه مهم در صنایع مختلف شیمیایی است که کاربردهای وسیعی در تولید مواد شیمیایی، پلاستیک‌ها، رنگ‌ها، رزین‌ها، داروها و به‌ویژه در صنعت خودرو (به‌عنوان افزودنی سوخت) دارد. این ماده همچنین به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای تولید ایزوبوتانول، متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK)، و برخی پلیمرهای مهم مانند پلی‌بوتیل‌اکریلات استفاده می‌شود. در بازار ایران، بوتانول به‌طور عمده وارداتی است، اما در سال‌های اخیر با توجه به رشد صنایع شیمیایی و پتروشیمی در کشور، ظرفیت تولید داخلی نیز در حال افزایش است.

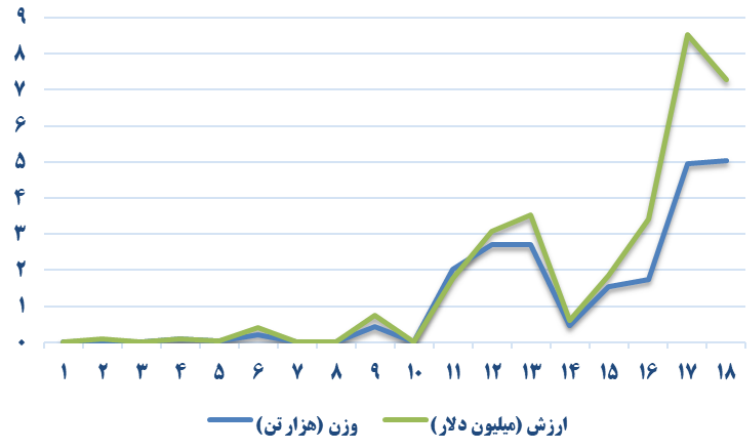
در ایران، نیاز به بوتانول به دلیل گسترش صنایع شیمیایی، رنگ، رزین، و همچنین صنایع خودروسازی و داروسازی در حال افزایش است. این ماده به‌عنوان یک حلال برای مواد شیمیایی مختلف، رنگ‌ها و رزین‌ها در صنایع مختلف استفاده می‌شود و این مصرف در سال‌های اخیر روندی افزایشی را نشان می‌دهد. به‌ویژه در بخش خودروسازی، از بوتانول به‌عنوان افزودنی به سوخت‌ها برای بهبود عملکرد موتور و کاهش آلودگی استفاده می‌شود.

شکل زیر نمایش دهنده واردات نرمال بوتانول به در ۱۸ سال اخیر است. به طور کل ۲۳ هزار تن نرمال بوتانول به ارزش ۳۲ میلیون دلار به کشور وارد شده است. در سال ۱۴۰۳، ۶.۴ هزار تن نرمال بوتانول به ارزش ۹.۸ میلیون دلار به کشور وارد شده است. بر اساس آمار گمرک، حجم واردات بوتانول به ایران در سال‌های اخیر به‌طور متوسط سالانه حدود ۴ تا ۵ هزار تن بوده است. این واردات به‌ویژه در بازه‌های زمانی با نوسانات ارزی و چالش‌های تجاری همراه است. یکی از چالش‌های عمده در تأمین بوتانول، هزینه‌های بالا به دلیل نوسانات نرخ ارز و هزینه‌های حمل‌ونقل بین‌المللی است. در نتیجه، هزینه‌های وارداتی این محصول تحت تأثیر عواملی مانند نوسانات قیمت جهانی و مقررات تحریمی قرار دارد.

براساس گزارش‌های منتشر شده و تخمین‌های موجود، ظرفیت مصرف بوتانول در ایران حدود ۱۰ هزار تن است. این تخمین با توجه به رشد صنایع پایین‌دستی پتروشیمی، رنگ و رزین، و نیاز فزاینده به بوتانول در تولید پلاستیک‌ها و افزودنی‌های سوختی در صنعت خودرو به‌دست آمده است. صنایع رنگ و رزین بزرگ‌ترین مصرف‌کننده بوتانول در کشور هستند و به‌طور خاص، در بخش‌های چسب‌ها، جوهرهای چاپ، و مواد پوشش‌دهنده از این حلال استفاده می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۰-۳) واردات نرمال بوتانول به کشور در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲

بازار بوتانول در ایران همچنان وابسته به واردات است، به‌ویژه در زمینه‌های تولید پلیمرها، چسب‌ها و رزین‌ها که به تولیدات با کیفیت بالا نیاز دارند. با توجه به این که میزان تقاضای سالانه بوتانول در ایران نزدیک به ۱۰ هزار تن برآورد می‌شود، حجم واردات به کشور همچنان بیش از ۷۰-۶۰ درصد از نیاز بازار را تأمین می‌کند. از سوی دیگر، در صورتی که پروژه‌های توسعه داخلی بوتانول با موفقیت پیش بروند، این ظرفیت می‌تولند در آینده‌ای نزدیک به ۵۰ درصد برسد و ایران را به یکی از تولیدکنندگان بوتانول در منطقه تبدیل کند.

۳-۶- سوخت های زیستی

استفاده از انرژی طی سالیان اخیر به دلیل افزایش سریع مصرف انرژی و وابستگی های جهانی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به نگرانی و معضلی جدی تبدیل شده است. از طرفی مشکلات زیست محیطی مانند تغییرات آب و هوا و گرمای جهانی به دلیل بهره برداری از منابع رایج انرژی مانند پتروشیمی گازهای طبیعی زغال سنگ و جز اینها، ضرورت توسعه و تحقیقات را برای انرژیهای جایگزین جدی تر کرده است. منابع رایج انرژی اخیراً ۸۰ درصد از مصرف انرژی جهانی را تشکیل میدهند در پی آن منابع انرژهای تجدیدپذیر و پاک هچون انرژی های باد خورشیدی زیست توده انرژیهای آبی و زمین گرمایی به عنوان جایگزینهای عاری از دی اکسید کربن مورد توجه قرار گرفته اند و نقش مهمی را در آینده جهان ایفا می کنند. منابع انرژیهای تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی انرژی بادی زمین گرمایی و انرژیهای زیستی که با تبدیل های شیمیایی از زیست توده به دست می آیند میتوانند برای تولید انرژی به شکل های الکتریکی با حرارتی استفاده شوند. از منابع رو به رشد انرژی های تجدید پذیر، انواع سوخت های زیستی هستند.

سوخت‌های زیستی، سوخت‌های جامد، مایع یا گازی هستند که از زیست‌توده مشتق می‌شوند. از آنجا که ماده اولیه می‌تواند به طور مداوم دوباره رشد کند، سوخت‌های زیستی نوعی انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شوند و جایگزینی حیاتی برای سوخت‌های فسیلی محدود مانند نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی ارائه می‌دهند. رایج‌ترین اشکال امروزی سوخت های زیستی پلت های سوختی، بیواتانول مطلق، بیودیزل، بیومتان، سوخت های Drop-in مانند سوخت های پایدار هوایی [1] (SAF) هستند. این سوخت ها در درجه اول برای حمل و نقل و در درجه دوم برای تأمین انرژی استفاده می‌شوند. مزیت نظری زیست‌محیطی

[1] Sustainable Aviation Fuel (SAF)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

آنها در خنثی بودن انتشار کربن آنهاست. دی‌اکسید کربن آزاد شده در طول احتراق از نظر تئوری با جذب شده توسط گیاهان خوراک در حین رشد آنها متعادل می‌شود، اگرچه انتشار کلی چرخه عمر به شدت به تولید و شیوه‌های استفاده از زمین بستگی دارد.

اهمیت استفاده از سوخت‌های زیستی در جهان چندوجهی است و به الزامات زیست‌محیطی، اقتصادی و امنیتی می‌پردازد. از نظر زیست‌محیطی، سوخت‌های زیستی برای کاهش تغییرات اقلیمی با ارائه مسیری برای کاهش انتشار کربن خالص بخش حمل و نقل جهانی، که منبع اصلی CO2 جوی است، ضروری هستند. در حالی که مزایای آنها بر اساس مواد اولیه مورد بحث قرار می‌گیرد، سوخت‌های زیستی نسل بعدی انتشار گازهای گلخانه‌ای چرخه عمر قابل توجهی کمتری نسبت به سوخت‌های نفتی ارائه می‌دهند. آنها همچنین با کاهش تولید آلاینده‌های مضر مانند گوگرد و ذرات در مقایسه با سوخت‌های معمولی، به بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند. از نظر اقتصادی و استراتژیک، سوخت‌های زیستی با ارائه یک منبع انرژی تجدیدپذیر تولید داخل که وابستگی یک کشور به سوخت‌های فسیلی وارداتی و بی‌ثبات از نظر قیمت را کاهش می‌دهد، به طور قابل توجهی امنیت انرژی را افزایش می‌دهند. آن‌ها همچنین با ایجاد بازارهای جدید برای محصولات و پسماندهای کشاورزی و ایجاد شغل در کشت، فرآوری و توزیع، به توسعه اقتصادی روستایی کمک می‌کنند. در نهایت، در زمینه گذار جهانی انرژی، سوخت‌های زیستی نقشی حیاتی و اغلب غیرقابل جایگزین به عنوان سوخت‌های «drop-in» برای زیرساخت‌های موجود و برای بخش‌هایی مانند هوانوردی و کشتیرانی که از نظر فنی برق‌رسانی به آن‌ها دشوار است، ایفا می‌کنند و آن‌ها را به پلی ضروری برای یک سیستم انرژی کاملاً کربن‌زدایی شده تبدیل می‌کنند.

۱-۶-۳- وضعیت انرژی در ایران

مصرف انرژی ایران ۶۸ درصد بیشتر از میانگین مصرف جهانی است. به عبارت دیگر مصرف انرژی ایران ۱۴ برابر ژاپن و پنج برابر هند و پاکستان است. براساس داده‌های آژانس بین‌المللی انرژی، ایران در سال ۲۰۲۲ در شاخص مصرف انرژی در جایگاه آخر دنیا قرار دارد. کشور ایران با اینکه دومین منابع نفت و گاز دنیا را در اختیار دارد، اما به‌دلیل مصرف زیاد انرژی همچنان دچار ناترازی است. علی رغم اینکه میانگین مصرف انرژی در جهان کاهشی است؛ اما در کشور ما روبه بالا قرار دارد. وضع نگران‌کننده در مصرف انرژی نیازمند تغییر رویکرد جدی در تأمین انرژی و مدیریت مصرف آن است. ایران با چالش استفاده بهینه از منابع هیدروکربنی مواجه است که نگرانی‌هایی را در مورداستفاده نامتوازن و ناپایدار از سیستم‌های انرژی ایجاد می‌کند و منجر به توسعه ناپایدار می‌شود.

مصرف انرژی در کشور به شرح زیر است.

۱-۱-۶-۳- مصرف انرژی در کشور

شکل زیر نمایش‌دهنده مصرف انرژی کشور در سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۳ است. مصرف سرانه انرژی در کشور [1] toe ۳.۲ مشابه با میانگین خاورمیانه یا اتحادیه اروپا است که در سال ۲۰۲۲ حدود ۳۴۰۰ کیلووات ساعت است. طبق شکل مصرف انرژی کشور از سال ۲۰۱۸ تثبیت شده است و در سال ۲۰۲۳ به ۳۱۷ Mtoe رسیده است.

[1] (TOE) معادل یک تن نفت

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

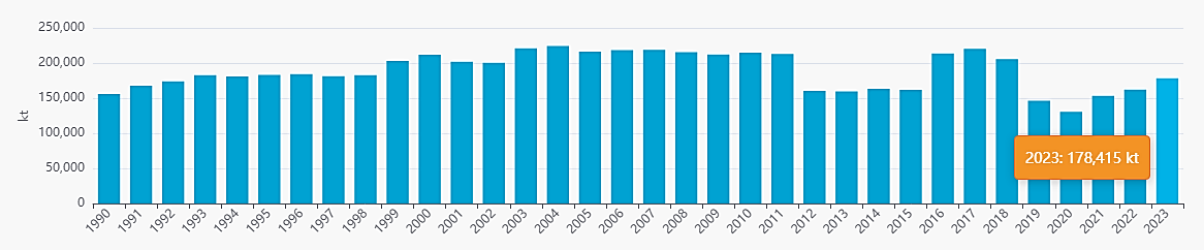


شکل (۲۱-۳) مصرف انرژی کشور در سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۳

گاز طبیعی حدود ۷۰ درصد از کل مصرف انرژی کشور را از سال ۲۰۱۶ به خود اختصاص داده است و سهم آن به طور پیوسته در حال پیشرفت بوده است. سهم نفت در کل مصرف از سال ۲۰۱۰ تقریباً ۱۰ واحد کاهش یافته است و در سال ۲۰۲۲ به ۳۰ درصد رسیده است.

۲-۱-۶-۳- تولید و مصرف نفت در کشور

شکل زیر تولید نفت در کشور در حدفاصل سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۳ را نمایش می‌دهد. طبق شکل به دلیل تحریم‌های بین‌المللی، تولید نفت بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵، با کاهش ۴.۶ درصدی در سال به ۱۶۱ میلیون تن رسیده بود. در سال ۲۰۱۶ پس از لغو تحریم‌ها، تولید نفت ۳۳ درصد افزایش یافته و به ۲۲۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۷ رسید که بالاتر از میانگین سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۰ (حدود ۲۱۵ میلیون تن) بود. پس از کاهش تولید قابل توجه طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ (کاهش ۱۷٪ در سال) به دلیل تجدید تحریم‌های بین‌المللی و کووید در سال ۲۰۲۰، تولید نفت از سال ۲۰۲۰ به سرعت افزایش یافته است و به ۱۷۸ میلیون تن در سال ۲۰۲۳ رسیده است.



شکل (۲۲-۳) تولید نفت کشور در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۳

شکل زیر نمایش‌دهنده مصرف نفت در کشور در سال‌های تا ۱۴۰۳ است. طبق مصرف نفت پس از کاهش ۹ درصدی به دلیل تعدیل قیمت‌ها و محدودیت‌های کووید در سال ۲۰۲۰، حجم ۷۶ میلیون تنی قبل از کووید خود را در سال ۲۰۲۲ بازیابی کرد. حمل‌ونقل بخش مصرف کننده اصلی نفت در کشور با سهم ۵۱٪ بوده و سپس صنعت (۲۵٪ شامل مصارف غیر انرژی)، مصرف خانگی (۹٪) و بخش برق (۱۱٪) مصرف کننده‌های بعدی نفت در کشور هستند.

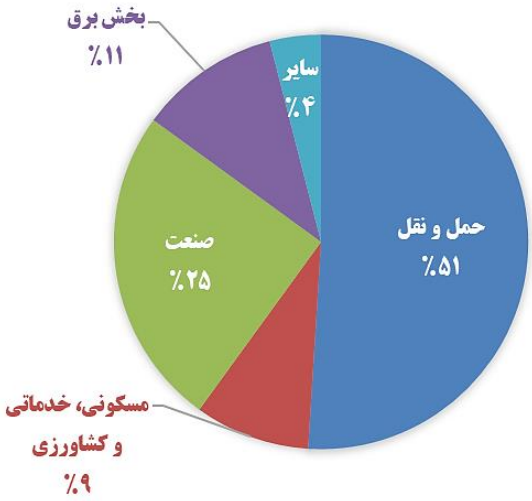
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۳-۳) مصرف انرژی کشور در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۳

شکل زیر نمایش‌دهنده سهم مصرف نفت در کشور به تفکیک حوزه است.



شکل (۲۴-۳) نمایش‌دهنده سهم مصرف نفت در کشور به تفکیک حوزه

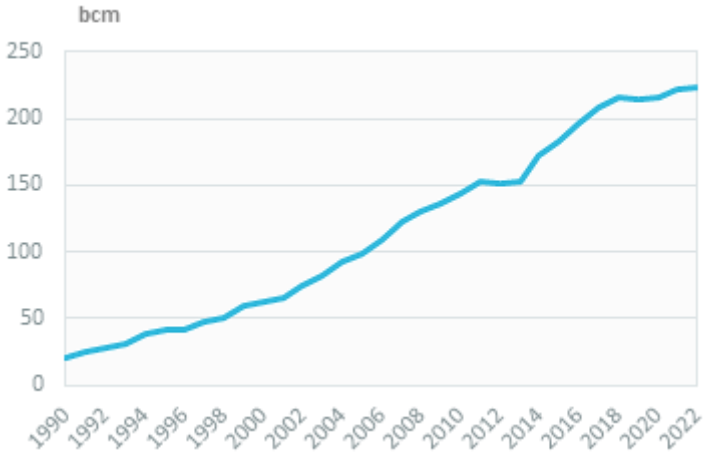
۳-۱-۶-۳- مصرف گاز طبیعی در کشور

شکل زیر نمایش‌دهنده میزان مصرف گاز طبیعی در کشور است. مصرف گاز بین سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۲ به میزان ۱.۴ درصد در سال رشد کرد و در سال ۲۰۲۲ به ۲۲۱ میلیارد مترمکعب رسید.

بخش برق با ۳۲ درصد در سال ۲۰۲۲ بزرگ‌ترین مصرف کننده گاز است و پس از آن مصرف خانگی (۲۸ ٪) و صنعت (۲۷٪) قرار دارند. سهم مصرف خانگی رو به کاهش است، درحالی‌که سهم صنعت ثابت است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۵-۳) مصرف گاز طبیعی در کشور در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

شکل زیر نمایش‌دهنده سهم مصرف گاز طبیعی در کشور به تفکیک حوزه است.



شکل (۲۶-۳) نمایش‌دهنده سهم مصرف گاز طبیعی در کشور به تفکیک حوزه

۴-۱-۶-۳- مصرف زغال‌سنگ در کشور

مصرف زغال‌سنگ در کشور کم است و از سال ۲۰۱۸ کاملاً ثابت و به طور متوسط حدود ۲.۵ میلیون تن بوده است. بیشترین مصرف زغال‌سنگ در صنعت متمرکز است (بیش از ۷۰٪).

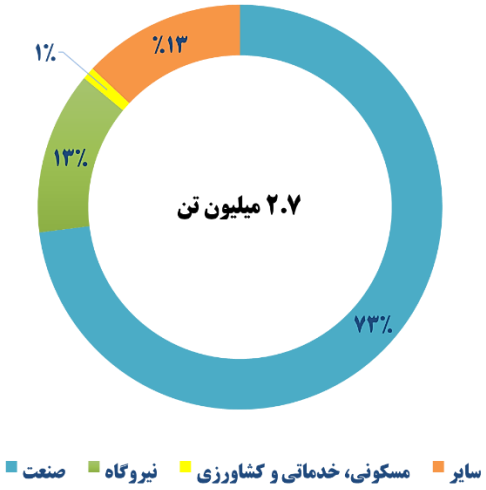
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۷-۳) مصرف زغال‌سنگ در کشور در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

شکل زیر نمایش‌دهنده سهم هر صنعت از مصرف زغال‌سنگ در کشور است.



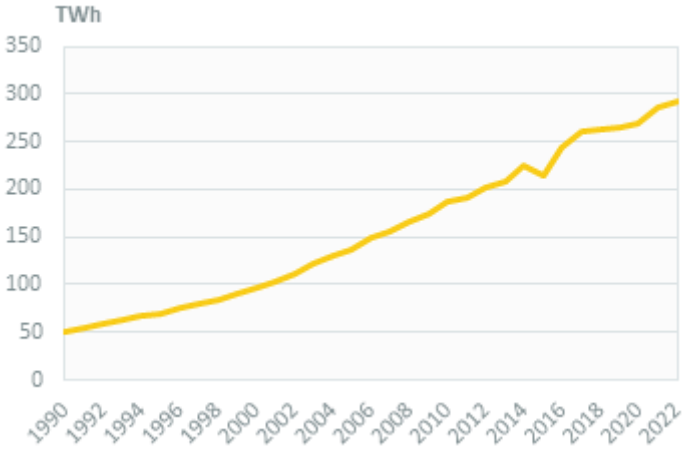
شکل (۲۸-۳) دهنده سهم هر صنعت از مصرف زغال‌سنگ در کشور

۵-۱-۶-۳- مصرف برق کشور

مصرف برق کشور از سال ۲۰۱۰ به میزان ۴ درصد در سال افزایش یافته است و در سال ۲۰۲۲ به ۲۹۲ تراوات ساعت رسیده است. بخش مسکونی ۳۳ درصد از مصرف برق را تشکیل می‌دهد و پس از آن صنعت (۳۳ درصد) و خدمات (۱۸ درصد) قرار دارند. مابقی (۱۶ درصد) در بخش نفت و گاز مصرف می‌شود.

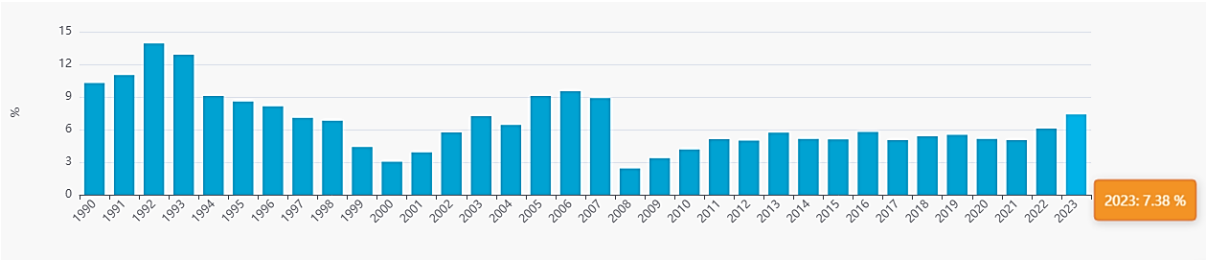
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۹-۳) مصرف برق کشور در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

شکل زیر نمایش‌دهنده نمودار تعاملی سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ایران در تولید برق (شامل آبی) است. این میزان در سال ۱۴۰۳ به ۷.۳۸٪ رسیده است.



شکل (۳۰-۳) نمودار تعاملی سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ایران در تولید برق (شامل آبی) در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

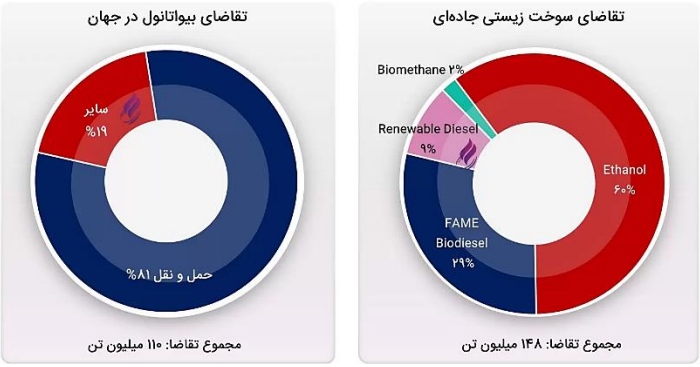
طبق آمار بالا حدود ۳۳٪ از مصرف نفت کشور (۱۹ میلیون تن)، ۳۱٪ از مصرف گاز طبیعی کشور (۶۰ میلیارد مترمکعب) و ۷۱٪ از مصرف زغال‌سنگ کشور (۱.۷۵ میلیون تن) در صنعت مصرف می‌شود. بازار مصرف انواع انرژی در بخش صنعت کشور برابر با حدود ۷۲ میلیارد تن است.

۲-۶-۳- بیواتانول

بیواتانول به عنوان سوخت زیستی یکی از رایج ترین انواع سوخت مورداستفاده در صنعت سوخت زیستی می باشد. بازار سوخت اتانول تحت تاثیر چندین عامل قرار دارد که مهم‌ترین آن نقش اساسی تقاضای بنزین برای سوخت جاده‌ای است. عوامل دیگر شامل سیاست‌های دولت‌ها در خصوص سوخت‌های زیستی، تحولات بازار مواد اولیه و سرعت پیشرفت تکنولوژی در مسیرهای مختلف تولید این محصول، هستند. البته این عوامل نه تنها در یکدیگر تنیده‌اند بلکه تحت تاثیر فاکتورهای گسترده‌تری مانند روندهای اقتصاد جهانی و منطقه‌ای، تغییرات ناوگان حمل‌ونقل جاده‌ای (فراگیری خودروهای برقی) و قوانین نظارتی بر سوخت‌های زیستی نیز می‌باشند. شکل زیر تقاضای بیواتانول و نقش آن در تقاضای سوخت زیستی جاده‌ای در سال ۲۰۲۳ را نشان می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۱-۳) تقاضای بیواتانول و نقش آن در تقاضای سوخت زیستی جاده‌ای در سال ۲۰۲۳

بطورکلی محرک‌های اصلی بازار اتانول سه دسته‌اند:

- الگوهای مصرف سوخت در حمل‌ونقل: تقاضای بنزین در حال حاضر و تقاضای سوخت جت در آینده اصلی‌ترین عوامل موثر در تقاضای اتانول در جهان هستند.
- مقررات نظارتی: مقررات محیط زیستی و انرژی و سیاست‌های مرتبط با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ترغیب جامعه‌ی جهانی به استفاده از سوخت‌هایی با آلایندگی کمتر.
- پیشرفت فناوری: توسعه یافتن روش‌های مختلف تولید اتانول بخصوص تولید اتانول سلولزی (نسل دوم) و تولید سوخت جت از الکل (روش ATJ)

در حال حاضر سوخت اتانول عمدتاً به عنوان افزودنی بنزین بکار می‌رود. این ماده مستقیماً به بنزین افزوده می‌شود یا در تولید ETBE (نوعی افزودنی بنزین) بکار می‌رود. اگرچه اتانول می‌تواند بطور خالص جایگزین بنزین نیز گردد اما این روش مستلزم استفاده از وسایل نقلیه‌ای خاص می‌باشد؛ این مسئله تاکنون تنها در برزیل انجام شده است.

حداکثر میزان افزودن اتانول به بنزین در جهان ٪۱۰ است (بدون آنکه خودرو از لحاظ فنی نیاز به تغییر و سازگاری با اتانول داشته باشد). بنابراین تقاضای بنزین، اساسی‌ترین محرک مصرف این ماده می‌باشد. مصرف بنزین از سال ۲۰۱۰ تا پیش از شیوع کرونا، ۱۶۰ میلیون تن افزایش یافت (سالانه ٪۱.۳) و به ۱.۲ میلیارد تن در پایان ۲۰۱۹ رسید. در ادامه با شیوع کرونا و محدودیت‌های حمل‌ونقل شهری و بین شهری ناشی از آن، مصرف بنزین کاهش یافت. در سال ۲۰۲۳ مصرف بنزین به اوج خود در ۲۰۱۹ نزدیک شد اما به آن نرسید و پیش‌بینی می‌شود روند مصرف بنزین بعد از بیشینه شدن در ۲۰۲۵، نزولی شود. این کاهش در مصرف عمدتاً به دلیل برقی‌شدن خودروها و ارتقای بازده سوخت خودروهای بنزینی است و سبب کاهش تقاضای بنزین خواهد شد، با این وجود افزایش اختلاط اتانول در بنزین در مناطق و بازارهای جدید، رشد تقاضای اتانول را در پی خواهد داشت.

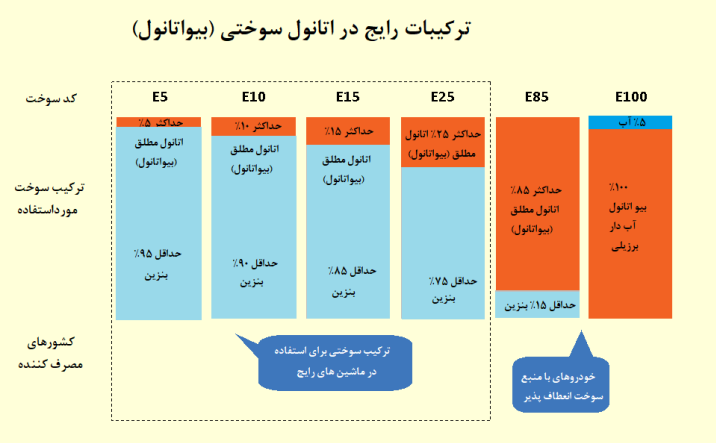


https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۳۲-۳) روند تولید بیواتانول و بنزین (واحد: میلیون تن در سال)

اتانول سوختی، یا خود به‌عنوان جایگزین بنزین مورداستفاده قرار می‌گیرد (به‌صورت سوخت اتانولی E85 و به ندرت E100) یا به‌عنوان افزودنی اکتان‌افزا و اکسیژن‌زا به بنزین اضافه می‌گردد (برای مثال به‌صورت بنزین E5، E10 و یا E15). در مواردی نیز اتانول جایگزین بخشی از بنزین مصرفی خودرو می‌گردد (E25 ,E35). سوخت مخلوط اتانول به طور گسترده در برزیل، ایالات متحده و اروپا استفاده می‌شود. اکثر خودروهای امروزی در آمریکا می‌توانند با ترکیبات تا ۱۵ درصد اتانول کار کنند.



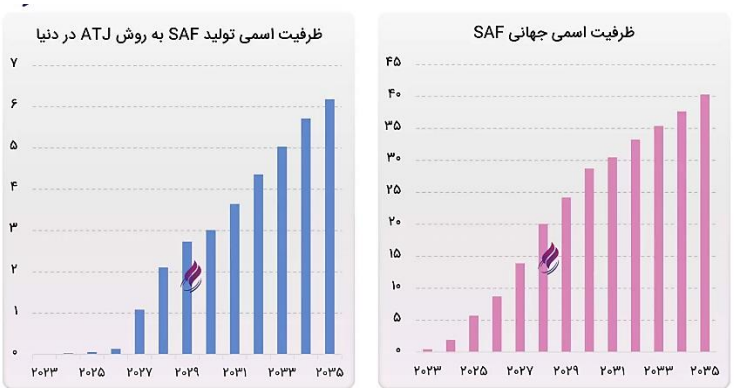
شکل (۳۳-۳) ترکیبات رایج استفاده از اتانول به‌عنوان سوخت زیستی در وسایل نقلیه

پیش‌بینی می‌شود مصرف اتانول به عنوان خوراک برای تولید سوخت حمل‌ونقل هوایی پایدار (سوخت هوایی تولید شده از مواد تجدیدپذیر که SAF نامیده می‌شود و یکی از روش‌های تولید آن ATJ است) افزایش مستمری در بلندمدت داشته باشد. اصلی‌ترین روش مصرف SAF استفاده از آن برای اختلاط با سوخت هوانوردی مرسوم (مشتق شده از سوخت فسیلی) است و در نتیجه با افزایش تقاضای سوخت هوانوردی، تقاضای SAF و به تبع آن تقاضای اتانول افزایش خواهد یافت، با این وجود مصرف SAF نسبت به تقاضای کل سوخت هوانوردی در حال حاضر ناچیز است.

تقاضای سوخت هوانوردی از حدود ۳۰۰ میلیون تن در ۲۰۱۰ به ۳۷۴ میلیون تن در ۲۰۱۹ رسید که رشد قابل‌توجهی (سالانه ۲.۳٪) محسوب می‌شود. با این حال در ۲۰۲۰ و با گسترش کرونا، سوخت هوانوردی بیش‌ترین کاهش را در میان محصولات پالایشی تجربه کرد و تقاضای آن ۱۶۰ میلیون تن کاهش یافت. پیش‌بینی می‌شود در ۲۰۲۶ به اوج مصرف سال ۲۰۱۹ برسد. همچنین بر خلاف بنزین، روند تقاضای جهانی سوخت هوانوردی در بلندمدت صعودی خواهد بود و از ۳۰۳ میلیون تن در ۲۰۲۳ به ۴۲۰ میلیون تن در ۲۰۳۵ خواهد رسید. بنابراین در دهه آینده بازار مصرف SAF رشد بی‌سابقه‌ای را تجربه خواهد کرد. آمریکای شمالی و اروپا در حال حاضر برنامه و دستورات روشنی در این زمینه دارند تا جایی که تا سال ۲۰۵۰، SAF را تا حد زیادی جایگزین سوخت جت مشتق شده از نفت کنند. پاشنه آشیل این مسیر نه از سمت تقاضا بلکه از سمت تأمین خوراک اولیه و امکان سنجی فنی افزایش ظرفیت SAF می‌باشد.

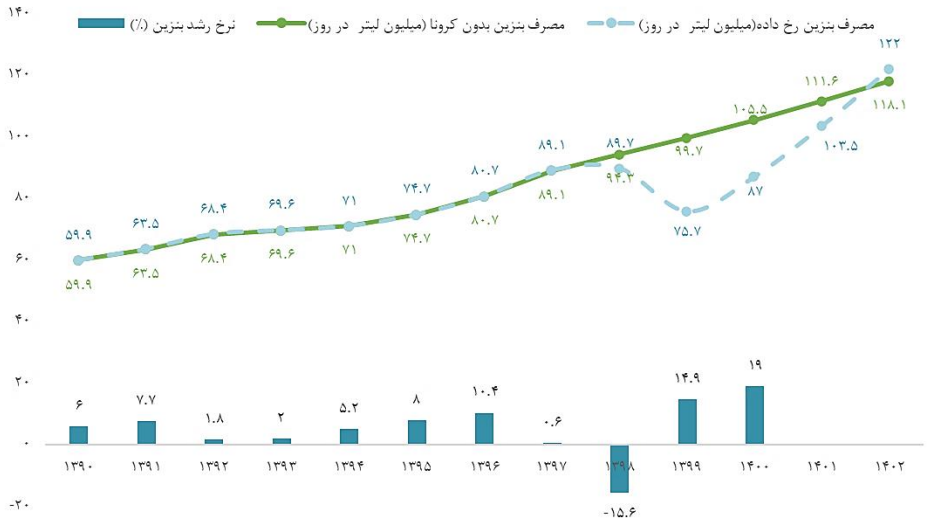
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۴-۳) روند ظرفیت اسمی SAF

در کشـور تولید اتانول مطلق با گرید غذایی وجود نداشـته و این ماده با کد تعرفه گمرکی ۲۲۰۷۱۰۱۰ وارد می‌گردد. در سـال ۹۹، حدود ۱۷۵۰ تن اتانول مطلق به ارزش ۲.۲۹ میلیون دلار وارد شـــده اســـت. حجم عظیمی از اتانول مطلق (۹۹.۹۶٪) در صـنایع داروسـازی اسـتفاده می‌شـود. به گفته معاون برنامه‌ریزی وزارت نفت در حال حاضـر در کشـور در زمینه مصـرف انواع حامل‌های انرژی وضعیت مناسبی نداریم. در دو سال گذشته میانگین مصرف روزانه بنزین ۸۸ میلیون لیتر بوده، اما این مقدار در پایان تیرماه ۱۴۰۲ به ۱۲۲ میلیون لیتر در روز رسـیده اسـت. که افزایش ۳۸٪ را بیان می‌کند. شـکل ۳۴-۵ بررسـی روند مصرف بنزین در کشور از سال ۹۰ را نشان می‌دهد که مصرف این فرآورده نفتی سالانه ۶ درصد افزایش می‌یابد. هر چند در سال ۹۸ با اصلاح قیمت بنزین در آبان‌ماه و شیوع کرونا در بهمن، روند مصرف بنزین به‌شدت نزولی شد اما از سال ۹۹ به بعد، رشـد مصـرف سـالانه با اختلاف از روند ۶ درصـدی خود، افزایش چشـمگیری یافت. تصـویر ۳۴ -۴، میزان مصـرف بنزین در سـناریوی «عدم شـیوع کرونا» و «حالت رخداده» و همچنین نرخ رشـد سـالانه مصـرف بنزین را نشـان می‌دهد. همانطور که مشـاهده می‌شـود، مصـرف بنزین بعد از گذر از دوران کرونا در حال بازگشـت به روندی اسـت که اگر کرونا رخ نمی‌داد در آن وضعیت بود.



شکل (۳۵-۳) میزان مصرف بنزین در سناریوی «عدم شیوع کرونا» و «حالت رخداده» و همچنین نرخ رشد سالانه مصرف بنزین

در حال حاضـر شـرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی و شـرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی، مشـغول تأمین بنزین و نفتِ‌گاز (گازوئیل) و سـایر سـوخت‌های موردنیاز کشـور هسـتند. طبق بیان مدیر نظارت بر تولید شـرکت ملی پالایش و پخش

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فرآورده‌های نفتی در دی‌ماه سال ۱۴۰۱، ظرفیت تولید روزانه بنزین در پالایشگاه‌ها، حداکثر ۱۱۵ میلیون لیتر است. به بیان مدیرعامل شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران در حال حاضر با روند روبه‌رشد افزایش خودروها، اکنون ۲۹ میلیون دستگاه خودرو در چرخه حمل‌ونقل کشور وجود دارند و از طرفی مقدار مصرف سوخت در کشور با استانداردهای جهانی فاصله دارد و خودروها پرمصرف هستند که این موضوع باید مورد توجه قرار گیرد. ورود سالانه یک میلیون خودرو به چرخه حمل‌ونقل کشور معادل یک میلیارد لیتر مصرف بنزین است و این به معنای ساخت پالایشگاهی با ظرفیت پالایش روزانه ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار بشکه خواهد بود که احداث آن حداقل چهار تا پنج سال زمان می‌برد [۵۱۲-۵۱۴]؛ بنابراین باید از نظر اقتصادی و مدیریت مصرف سوخت نیاز به اقدامی است تا تولید در زنجیره ارزش مورد توجه قرار گیرد و استفاده از سوخت در کشور مدیریت گردد. یکی از روش‌های کاهش مصرف بنزین استفاده از اتانول زیستی به‌عنوان سوخت و در ترکیب با بنزین است. اتانول در خودروهای عادی می‌تواند تا ۱۵٪ جایگزین گردد. برای محاسبه حد پتانسیل اتانول زیستی در کشور، از تخمین جایگزینی ۵٪ به‌جای بنزین استفاده شده است. از طرفی مصرف روزانه بنزین کشور حدود ۱۲۲ میلیون لیتر و سالانه ۴۴/۵۳ میلیارد لیتر است. با تخمین جایگزینی ٪۵، بیواتانول به‌جای بنزین، حد پتانسیل اتانول زیستی درکشور، روزانه تقریباً ۶ میلیون لیتر و سالانه ۲/۲۲۷ میلیارد لیتر است.

علاوه بر کاربرد اتانول مطلق به‌عنوان سوخت زیستی، اتانول مطلق به‌عنوان حلّال در صنایع داروسازی و صنایع آنالیزی (نظیر HPLC) استفاده می‌گردد. بااین‌حال، مقدار اتانول مطلق مورداستفاده در این صنایع در مقابل سوخت زیستی بسیار کم بوده و حد پتانسیل با تقریب خوبی می‌تواند برابر با تأمین نیاز سوخت زیستی کشور باشد.

۳-۶-۳- بیومتان (بیوگاز)

بیوگاز مخلوطی از گاز است که توسط میکروارگانیسم‌ها در طی تخمیر بی‌هوازی مواد زیست‌تخریب‌پذیر تولید می‌شود. تخمیر بی‌هوازی یک فرایند بیوشیمیایی است که در آن انواع خاصی از باکتری‌ها زیست‌توده را در محیطی بدون اکسیژن هضم می‌کنند که منجر به تولید CH4، CO2، H2 و آثاری از گازهای دیگر همراه با جرم تجزیه شده می‌شود. روش‌های متنوعی برای تولید متان وجود دارد؛ اما یکی از روش‌های کارا، فرایند هضم بی‌هوازی است. این فرایند، در یک رآکتور با استفاده از مواد اولیه متنوعی مانند فاضلاب صنعتی و شهری، فضولات حیوانی، بقایای کشاورزی و جنگلی و بخش‌های ارگانیک پسماندهای جامد شهری انجام می‌شود و محصول آن بیوگاز نامیده می‌شود که شامل ۷۵-۵۰٪ متان و ۵۰-۲۵٪ دی‌اکسیدکربن است. به علت پایین بودن درصد متان تولید شده توسط این فرایند، استفاده از بیوگاز محدود بوده و نمی‌تواند جایگزین گاز طبیعی شود. اما متان خالص یا بیومتان که از ارتقا بیوگاز حاصل می‌شود، کاربردی مشابه گاز طبیعی دارد. جهت محاسبه‌ی ظرفیت تولید متان زیستی و جایگزینی با گاز طبیعی با منشأ فسیلی خواهیم داشت:

فرضیات:

جمعیت کشور: ۹۰ میلیون نفر

میانگین اعضای هر خانوار: ۴.۵ نفر

تعداد خانوار: ۲۰ میلیون خانوار

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تعداد گروه‌های ۱۰۰۰ خانواری: ۲۰هزار گروه

در این متن هر جا از "گروه" استفاده شد منظور مجموعه‌های ۱۰۰۰ خانواری (یا به عبارتی ۴۵۰۰ نفری) است.

محاسبه‌ی میزان فاضلاب

باتوجه‌به اظهارات مدیرکل دفتر مدیریت مصرف آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سرانه‌ی روزانه‌ی آب برای هر نفر در هر شبانه‌روز در کشور، ۲۰۳ لیتر است. درحالی‌که بر اساس اعلام شرکت آب و فاضلاب کشور، الگوی آب مصرف خانگی ۱۵۰ لیتر است. بین ۷۰ الی ۹۰٪ از آب مصرفی به فاضلاب تبدیل می‌شود. با این اوصاف خواهیم داشت:

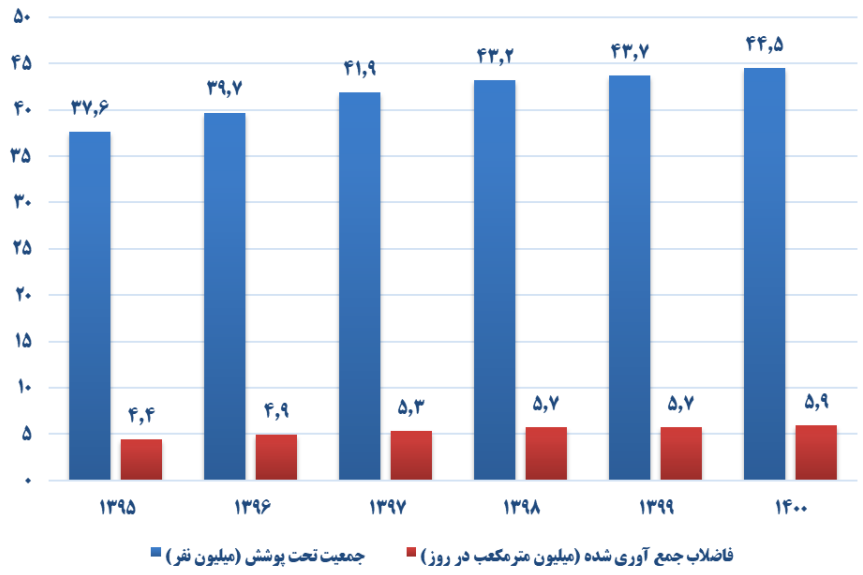
توجه: نظر به بیشتر بودن سرانه مصرف از الگو، درصد تبدیل کمینه (۷۰٪) جهت نزدیک به واقع بودن محاسبات انتخاب می‌شود.

$$\text{میزان فاضلاب تولیدی در سال} = 203 \frac{\text{لیتر}}{\text{نفر} * \text{روز}} * 365 \frac{\text{روز}}{\text{سال}} * \frac{1}{1000} \frac{\text{مترمکعب}}{\text{لیتر}} * 90{,}000{,}000 \text{ نفر} * 0.7$$

$$= 4668 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{سال}}$$

با فرضیات فوق طبق سرانه مصرف آب، میزان ۴۶۶۸ میلیون مترمکعب بر سال تولید فاضلاب کشور است.

همچنین طبق آمارهای ارائه شده در سالنامه‌ی مرکز ملی آمار در سال ۱۴۰۰، تعداد ۴۴.۵ میلیون نفر تحت پوشش شبکه‌ی فاضلاب قرار گرفته‌اند و میزان ۵.۹ میلیون مترمکعب در روز فاضلاب جمع‌آوری شده است.



شکل (۳۶-۳) میزان گستردگی شبکه جمع‌آوری فاضلاب و جمعیت تحت پوشش در بازه‌ی ۱۳۹۵-۱۴۰۰

با فرض پوشش ۱۰۰٪ شبکه جمع‌آوری فاضلاب در کشور، میزان فاضلاب جمع‌آوری شده در سال به شرح زیر خواهد بود.

$$\text{میزان فاضلاب جمع‌آوری شده در سال} = 5.9 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{نفر} * \text{روز}} * 365 \frac{\text{روز}}{\text{سال}} * \frac{90{,}000{,}000}{44{,}500{,}000} = 4355.4 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{سال}}$$

با داده‌های مرکز ملی آمار، میزان فاضلاب جمع‌آوری شده نیز ۴۳۵۵.۴ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود.

اختلاف دو ظرفیت کمتر از ۸٪ است و این نشان از تخمین درست است. با این اوصاف، عدد ۴۳۵۵.۴ میلیون مترمکعب

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

به‌عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود.

با درنظرگرفتن گروه‌های ۱۰۰۰ خانواری، میزان فاضلاب هر گروه در روز و سال عبارت است از:

$$\text{میزان فاضلاب سالیانه هر گروه} = 4355.4 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{سال}} \div 20{,}000 \cong 0.22 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{گروه} * \text{سال}}$$

میزان فاضلاب سالانه‌ی هر گروه حدود ۰.۲۲ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود.

$$\text{میزان فاضلاب روزانه هر گروه} = 0.22 \frac{\text{میلیون متر مکعب}}{\text{سال}} \div 365 * 1{,}000{,}000 \frac{\text{مترمکعب}}{\text{میلیون مترمکعب}} \cong 597 \frac{\text{متر مکعب}}{\text{گروه} * \text{روز}}$$

نظر به تولید روزانه فاضلاب و لزوم مدیریت روزانه‌ی آن برای هر گروه، حجم فاضلاب روزانه هر گروه ۱۰۰۰ خانواری ۵۹۷ مترمکعب خواهد بود.

محاسبه‌ی میزان پسماند تر

طبق گفته‌ی مدیرکل دفتر محیط‌زیست و خدمات شهری سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور در سال ۱۴۰۱، سرانه‌ی تولید زباله در کشور حدود ۶۰۰ گرم است و ۶۵٪ از این حجم، زبالهٔ تر شامل پوست میوه‌جات، تفالهٔ چای، پسماندها آشپزی، و... با رطوبت میانگین ۵۰٪ است. با این حساب روزانه در کشور خواهیم داشت:

$$\text{میزان زباله تولیدی در سال} = 600 \frac{\text{گرم}}{\text{نفر} * \text{روز}} * 0.001 \frac{\text{کیلوگرم}}{\text{گرم}} * 0.001 \frac{\text{تن}}{\text{کیلوگرم}} * 365 \text{ روز} * 90{,}000{,}000 \text{ نفر}$$

$$= 19.7 \text{ میلیون تن}$$

$$\text{میزان زباله تولیدی‌تر در سال} = 19.7 \text{ میلیون تن} * 0.65 = 12.8 \text{ میلیون تن}$$

$$\text{میزان زباله تولیدی‌تر هر گروه در سال} = 12.8 \text{ میلیون تن} \div 20{,}000 = 640 \text{ تن در سال}$$

$$\text{میزان زباله تولیدی‌تر هر گروه در روز} = 640 \text{ تن در سال} \div 365 = 1.75 \text{ تن در روز} = 1750 \text{ کیلوگرم در روز}$$

طبق محاسبات فوق، در کشور در سال میزان ۱۲.۸ میلیون تن پسماند تر تولید می‌شود. این میزان در روز برای هر گروه ۱۷۵۰ کیلوگرم است.

دررابطه‌با ظرفیت زیست‌تودهٔ تولیدی از منشأ لجن فاضلاب و پسماند با هدف تولید گاز متان جهت جایگزینی گاز شهری، شرایط زیر حاکم خواهد بود. از حجم فاضلاب، ۰.۲-۰.۴٪ (میانگین ۰.۳٪ در نظر می‌گیریم) آن به لجن (لجن خشک مازاد تصفیه‌خانه) تبدیل می‌شود. با این حساب خواهیم داشت:

$$\text{میزان لجن تولیدی کل در سال} = 203 \frac{\text{لیتر آب}}{\text{نفر} * \text{روز}} * 0.7 * 365 * 90{,}000{,}000 * 0.3 = 14 \text{ میلیون تن لجن خشک در سال}$$

در فرایند تصفیه فاضلاب، علاوه بر آب تصفیه‌شده، میزان مشخصی لجن نیز تولید می‌شود. یکی از روش‌های روتین بهره‌برداری از لجن تصفیه‌خانه‌ها، هضم بی‌هوازی آن در هاضم است که منجر به تولید متان (بیوگاز) می‌شود. رطوبت لجن حدود ۴۰٪ است. طبق آمار فوق، سالانه ۱۴ میلیون تن لجن تصفیه‌خانه تولید می‌شود. ظرفیت تولید متان زیستی از لجن خشک تصفیه‌خانه ۰.۲ مترمکعب به ازای هر کیلو است. از این رو خواهیم داشت:

$$\text{ظرفیت تولید متان زیستی لجن} = 14 * 10^9 Kg_{\text{لجن}} * 0.2 \frac{\text{متان زیستی } m^3}{Kg_{\text{خشک لجن}}} * 0.6 = 2.8 \text{ میلیارد مترمکعب متان زیستی}$$

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ظرفیت تولید متان زیستی از پسماند تر نیز ۰.۳۲۴متر مکعب به ازای هر کیلو ماده خشک و رطوبت آن ۵۰٪ است. از این رو خواهیم داشت:

$$\text{ظرفیت تولید متان زیستی پسماند تر} = 12.8 * 10^9 Kg_{\text{پسماند تر مرطوب}} * 0.5 * 0.324 \frac{m^3 \text{متان زیستی}}{Kg_{\text{پسماند تر خشک}}}$$

$$= 2.1 \text{ متان زیستی میلیارد مترمکعب}$$

در سال ۱۴۰۲ طبق آمارهای اعلامی از طرف سازمان ملی آمار در روز آمارگیری، تعداد ۴۴،۰۰۶،۷۷۷ راس گوسفند و بره که ۷،۰۲۶،۴۹۳ راس آن نر، تعداد ۱۶،۳۲۳،۳۰۸ راس بز و بزغاله که تعداد ۳،۰۰۷،۵۸۷ راس آن نر، تعداد ۵،۴۵۷،۴۳۳ راس گاو و گوساله (۳۰٪ اصیل، ۴۳٪ دو رگ و ۲۷٪ آن بومی) که ۱،۶۲۵،۷۶۹ راس آن نر هستند در کشور تولید شده است. جهت سهولت محاسبات فرضیات زیر را در نظر می‌گیریم:

۱) تمامی گروه‌ها در یک بازه‌ی سنی مشخص (بالغ) هستند.

۲) فضولات تولید این جمعیت تماماً قابل جمع‌آوری و مجتمع‌سازی است.

۳) به طور میانگین هر بز و گوسفند روزانه ۲ کیلوگرم با رطوبت ۷۰٪ و هر گاو (اعم از شیری و گوشتی) روزانه ۴۰ کیلوگرم فضولات با رطوبت ۸.۵٪ تولید می‌کند.

با فرضیات فوق، وزن فضولات تولیدی سالانه در کشور معادل:

$$\text{وزن فضولات گاوی تولیدی سالانه در کشور} = [(5457433) * 40] * 365 = 79.7 \text{ میلیون تن}$$

$$\text{وزن فضولات بز/گوسفند تولیدی سالانه در کشور} = [(44006777 + 16323308) * 2] * 365 = 44 \text{ میلیون تن}$$

ظرفیت تولید متان زیستی از فضولات بز و گوسفند ۰.۰۵متر مکعب به ازای هر کیلو ماده‌تر و برای گاو ۰.۰۱۵متر مکعب به ازای هر کیلو ماده‌تر است. از این رو خواهیم داشت:

$$\text{ظرفیت تولید متان زیستی گاوی} = 79.7 * 10^9 Kg_{\text{فضولات}} * 0.015 \frac{m^3 \text{متان زیستی}}{Kg_{\text{وزن تر فضولات}}}$$

$$= 1.2 \text{ متان زیستی گاوی میلیارد مترمکعب}$$

$$\text{ظرفیت تولید متان زیستی بز/گوسفندی} = 44 * 10^9 Kg_{\text{فضولات}} * 0.05 \frac{m^3 \text{متان زیستی}}{Kg_{\text{وزن تر فضولات}}}$$

$$= 2.2 \text{ متان زیستی بز/گوسفندی میلیارد مترمکعب}$$

$$\text{ظرفیت تولید متان زیستی فضولات} = 1.2 + 2.2 = 3.4 \text{ میلیارد مترمکعب}$$

سرانه‌ی مصرف گاز طبیعی هر ایرانی در هر روز معادل ۶.۶۵ مترمکعب در روز است. یعنی حدود ۲۲۰ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در سال برای کل جمعیت کشور مصرف می‌شود. ظرفیت تولید متان زیستی از لجن تصفیه‌خانه ۲.۸ میلیارد مترمکعب، ظرفیت تولید متان زیستی از پسماند تر ۲.۱ میلیارد مترمکعب و ظرفیت تولید متان زیستی از فضولات گوسفند/بز ۲.۲ میلیارد مترمکعب و ظرفیت تولید متان زیستی از فضولات گاوی ۱.۲ میلیارد مترمکعب در سال است. در صورت تبدیل تمام لجن فاضلاب، پسماند تر و فضولات دامی به متان زیستی در شرایط ایده‌آل و راندمان تبدیل ۱۰۰٪، میزان ۸.۳ میلیارد مترمکعب متان قابلیت تولید دارد. یعنی امکان جایگزینی ۳.۷۷٪ از گاز طبیعی با متان زیستی حاصله از زیست‌توده وجود دارد. در شرایط واقعی، با درنظرگرفتن امکان گردآوری، راندمان تبدیل و خلوص محل نهایی و سایر پارامترها، کمتر از ۱۰٪ از این ظرفیت قابل

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

احصا خواهد بود

۴-۶-۳- پلت سوختی

کشور ایران از نظر کشاورزی غنی است به همین جهت دامنه وسیعی از پسماندها و ضایعات کشاورزی را دارد که به‌عنوان زیست‌توده در محل برداشت باقی می‌ماند. بسیاری از پسماندهای کشاورزی حاصل فرآورده‌ها و فرایندهای وابسته به کشاورزی است که سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و چالش‌های گوناگونی می‌گردد. در بسیاری موارد راهکارهایی نظیر سوزاندن و امحای آن‌ها سبب مشکلات زیست‌محیطی جدید و حتی جدی‌تری می‌شود. کشورهای توسعه‌یافته باتوجه‌به فرهنگ مصرف، مدیریت مناسب و تکنولوژی به‌طورجدی با مشکل ضایعات و پسماند محصولات کشاورزی روبه‌رو نیستند؛ اما در کشورهایی مانند ایران که از لحاظ کشاورزی غنی است؛ ولی تکنولوژی مناسبی برای تبدیل پسماندهای کشاورزی ندارند، حجم زیادی از این مواد به ضایعات تبدیل و از چرخه مصرف، خارج می‌شود. پسماندهای کشاورزی کاه گندم، باگاس نیشکر و کاه برنج سه منبع زیست‌توده با حجم بالای کشور هستند که مشکلات زیست‌محیطی و چالش‌های فراوانی را دارند.

تبدیل ضایعات کشاورزی به پلت سوختی، علاوه بر مدیریت صحیح این پسماند و خلق ارزش‌افزوده، سبب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی شده و می‌تواند به بهبود ناترازی انرژی در کشور کمک کند. به دلیل سطوح پایین گوگرد و نیتروژن موجود در ضایعات کشاورزی، در فرایند احتراق پلت‌های ضایعات کشاورزی، انتشار دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن کمتر از سوخت‌های فسیلی معمولی است. علاوه بر این، این فرایند بدون گردوغبار است که پتانسیل انفجار گردوغبار را کاهش می‌دهد و انتشار ذرات را به حداقل می‌رساند. جدول زیر تفاوت بین سوختن ضایعات کشاورزی و پلت سوختی ضایعات کشاورزی به‌عنوان سوخت را مقایسه کرده است.

جدول (۱۱-۳) تفاوت بین سوختن ضایعات کشاورزی و پلت سوختی ضایعات کشاورزی به‌عنوان سوخت

ویژگی	ضایعات کشاورزی	پلت سوختی ضایعات کشاورزی
رطوبت (٪)	۴۸-۵۲	۷.۶۴ -۸
چگالی متوسط (kg/m3)	۲۶۰	۱ — ۱.۴
ارزش حرارتی (kcal/kg)	۱۸۵۲	۴.۵ -۱۸
محتوای خاکستر (٪)	۲-۵	۰.۴۹ — ۱.۵

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۷-۳) پلت سوختی از ضایعات کشاورزی

پلت‌های باگاس، سوخت زیستی محبوبی هستند که در نیروگاه‌ها برای تولید برق استفاده می‌شود؛ زیرا دارای ارزش حرارتی بالا و محتوای خاکستر کم هستند که آنها را به جایگزینی کارآمد و تمیزتر برای سوخت‌های فسیلی تبدیل می‌کند. پلت‌های باگاس به‌عنوان منبع سوخت در دیگ‌های صنعتی مورداستفاده قرار می‌گیرند و حرارت و بخار را برای فرایندهای مختلف تولید مانند فراوری مواد غذایی، تولید نساجی و تولید مواد شیمیایی تأمین می‌کنند. در جهان پلت‌های باگاس برای تأمین سوخت مورد نیاز کارخانه‌های شکر استفاده می‌شود با این‌حال مازاد آن به‌عنوان سوخت به بازار عرضه شده و در برخی موارد صادر می‌شود. اخیراً بسیاری از کشورهای آسیای شرقی مانند چین و اروپایی واردات مقادیر زیادی پلت باگاس را آغاز کرده‌اند. یک نیروگاه با اندازه متوسط معمولاً هر ماه بیش از ۱۰ هزار تن پلت باگاس مصرف می‌کند. علاوه بر این، پلت‌های باگاس را می‌توان در اجاق‌ها و دیگ‌های بخار برای گرمایش خانگی استفاده کرد که یک راه‌حل گرمایش پایدار و مقرون‌به‌صرفه برای خانه‌ها و مشاغل ارائه می‌کند. هم اکنون در کشور شرکت‌هایی نظیر آذر زیست انرژی و پادیس سازان لیدوما از سایر منابع لیگنوسلولزی نظیر کاه گندم و چیپس چوبی اقدام به تولید پلت سوختی کرده‌اند. بر اساس گزارش‌های مختلف بازار، اندازه بازار جهانی پلت سوختی در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۰.۲ میلیارد دلار ارزش گذاری شده است. پیش بینی می‌شود این بازار با نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) تقریباً ۷-۹٪ در طول دوره ۲۰۲۲۰تا ۲۰۲۷ رشد کند. اروپا، بازار اصلی تولید و استفاده از پلت‌های سوختی را در راستای سیاست‌های استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر دارد. شکل زیر نمایش‌دهنده میزان مصرف پلت‌های سوختی در اروپا است. تقریباً ۲۴.۵ میلیون تن پلت چوب در سال ۲۰۲۳ در اتحادیه اروپا مصرف شده و انتظار می‌رود مصرف پلت در سال جاری به ۲۵.۴ میلیون تن برسد. انتظار می‌رود اتحادیه اروپا امسال ۱ میلیون تن پلت چوب صادر و ۵.۳ میلیون تن وارد کند. ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۲۳ با ۲.۹۰۷ میلیون تن، بزرگ‌ترین منبع واردات پلت چوب به اتحادیه اروپا بود و پس از آن اوکراین با ۴۴۶ هزار تن، برزیل با ۳۶۹ هزار تن و کانادا با ۳۳۷ هزار تن قرار دارند. فناوری اصلی تولید پلت‌های سوختی عبارت است از جدایش پیت از باگاس، کاهش محتوای رطوبت، آسیاب، فشرده‌سازی، خنک‌سازی پلت و بسته‌بندی. سامانه‌های فشرده‌سازی پلت سوختی با خوراک باگاس به دلیل محتوای بالای سیلیس در قیاس با چوب، باید از آلیاژهای ویژه استفاده کنند. استان خوزستان با تولید سالانه ۲.۴ میلیون تن باگاس و چالش مدیریت این محصول جانبی صنعت شکر، فرصت جذاب

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اقتصادی را برای عرصه‌ی سرمایه‌گذاری فراهم ساخته است.



شکل (۳۸-۳) نمونه محصول پلت سوختی (سمت راست و وسط)، نیروگاه برق با سوخت پلت (سمت چپ)

شرکت‌های فعال در تولید پلت سوختی در کشور در جدول زیر بیان شده‌اند.

جدول (۱۲-۳) وضعیت واحدهای فعال در تولید پلت سوختی ضایعات کشاورزی در کشور

نام واحد	استان	نام محصول	ظرفیت (تن در سال)
آذر زیست انرژی	خراسان رضوی	پلت سوختی	—
پادیس سازان لیدوما	گیلان	پلت سوختی	۱۸۰۰
کلان چوب ماندگار ارس	منطقه آزاد ارس	پلت سوختی	۳۰۰

شرکت آذر زیست انرژی پارس- یک شرکت زایشی از هلدینگ شاخص صنعت پارس- در سال ۱۳۹۸ ثبت و ایجاد گردید و ظرف مدت ۳ سال قبل از تأسیس، تحقیقات وسیعی در مورد بقایای گیاهی در کشور، مصارف، حجم تولید، مزایا و معایب در ارتباط با محیطزیست، قیمت، مراکز تولید، محصول مشابه در دنیا، روش تولید و ... صورت گرفت که منجر به ایجاد این شرکت در حوزه انرژی‌های دوستدار محیطزیست گردید. چشم‌انداز آن جلوگیری از هدررفت سالانه حداقل ۲ میلیون تن بقایای گیاهی مازاد در کشور و تبدیل آن به ثروت و صادرات محصول در حوزه انرژی‌های دوستدار محیطزیست، فرهنگ‌سازی در این مورد در داخل کشور، اخذ نمایندگی دستگاه‌ها و محصول خارجی است. بازار محصولات این شرکت در حال حاضر بازار صادراتی خارج از کشور و در آینده نزدیک با فرهنگ‌سازی، بازارهای مصرف داخل خواهد بود. محصولات آن شامل سه بخش می‌شوند:

- انواع پلت سوختی و محصولات زیرگروه
- طراحی و ساخت دستگاه‌های خط تولید موردنیاز در کشور
- تولید انرژی پاک

طبق داده‌های گمرک جمهوری اسلامی ایران، واردات و صادرات پلت سوختی به کشور وجود ندارد. بااین‌حال به گفته خود شرکت آذر زیست انرژی، محصولات این شرکت بازار صادراتی داشته و درآینده قرار است بازار داخلی داشته باش؛ بنابراین علی‌رغم وجود صادرات، آمار رسمی واردات و صادرات پلت‌های سوختی در دسترس نمی‌باشد.

طبق آمار بالا حدود ۳۳٪ از مصرف نفت کشور (۱۹ میلیون تن)، ۳۱٪ از مصرف گاز طبیعی کشور (۶۰ میلیارد مترمکعب) و ۷۱٪ از مصرف زغال‌سنگ کشور (۱.۷۵ میلیون تن) در صنعت مصرف می‌شود. بازار مصرف انواع انرژی در بخش صنعت کشور برابر با حدود ۷۲ میلیارد تن است.

با استفاده از پلت سوختی در بازار انرژی، علاوه بر کاهش ناترازی انرژی کشور، به مدیریت صحیح پسماندهای کشاورزی نیز

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کمک می‌کند. با درنظرگرفتن رطوبت اولیه ۵۰٪ ضایعات کشاورزی و رسیدن آن به ۱۵٪ برای پلت سازی، بازده نهایی تولید پلت‌های سوختی ۸۵٪ کل وزن اولیه ضایعات کشاورزی است. با درنظرگرفتن بازده ۹۵٪، این تولید به حدود ۸۰.۷۵ ٪ کل وزن ضایعات کشاورزی اولیه می‌رسد.

طبق آمار میزان تولید باگاس نیشکر، کاه گندم و کاه برنج کشور در سال ۱۴۰۲ به ترتیب برابر با ۱.۷۸ میلیون تن، ۱۳.۲ میلیون تن و ۲ میلیون تن بوده است. با فرض دردسترس‌بودن نیمی از این ضایعات کشاورزی برای تولید پلت سوختی، پتانسیل تولید پلت سوختی سالیانه کشور برابر با ۷ میلیون تن است. محتوای انرژی پلت سوختی ضایعات کشاورزی تقریباً نصف محتوای انرژی گاز طبیعی است. بنابراین این مقدار پلت سوختی معادل ۳.۵ میلیون تن گاز طبیعی است که می‌تواند در صنعت به‌خصوص برای سوخت بویلرها استفاده شود.

۵-۶-۳- سوخت جت پایدار (SAF)

سوخت زیستی هوانوردی یا سوخت زیستی جت یا (BAF) یک سوخت زیستی است که برای تأمین انرژی هواپیما استفاده می‌شود و به‌عنوان سوخت پایدار هوانوردی (SAF) خوانده می‌شود.

انجمن بین‌المللی حمل‌ونقل هوایی (IATA) این سوخت را از عناصر تعیین‌کننده برای کاستن از ردپای کربن در اثرات زیست‌محیطی هوانوردی می‌داند. سوخت زیستی هوانوردی (BAF) می‌تواند به کربن‌زدایی سفرهای هوایی در مسافت‌های متوسط و طولانی که بیشترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارا هستند، کمک کند و با کم‌کردن ردپای کربن، عمر انواع هواپیماهای قدیمی‌تر را افزایش دهد. باتوجه‌به نوع زیست‌توده مورداستفاده، این سوخت‌ها می‌توانند نشر CO_2 را از ۲۰ تا ۹۸ درصد (به طور میانگین ۸۰٪) در مقایسه با سوخت جت معمولی کم کنند. صنعت هوانوردی حدود ۲ تا ۳ درصد از انتشار کربن جهانی را تشکیل می‌دهد. حمایت از چنین تصمیماتی، یکی از راه‌حل‌های کلیدی صنعت هوانوردی برای دستیابی به هدف خود یعنی به صفر رساندن انتشار کربن تا سال ۲۰۵۰ است. بسیاری از خطوط هوایی اروپایی از جمله ویرجین که زیر مجموعه بریتیش ایرویز است و همچنین ایرفرانس گفته‌اند که قصد دارند تا سال ۲۰۳۰ حدود ۱۰ درصد سوخت پروازهای خود را با SAF تأمین کنند و هدف آنها رساندن به صفر خالص در تولید گازهای گلخانه‌ای است. ضمن این که بر اساس اعلام این شرکت‌های هواپیمایی برنامه این است که تا سال ۲۰۵۰ این ۱۰ درصد به ۶۵ درصد افزایش یابد.

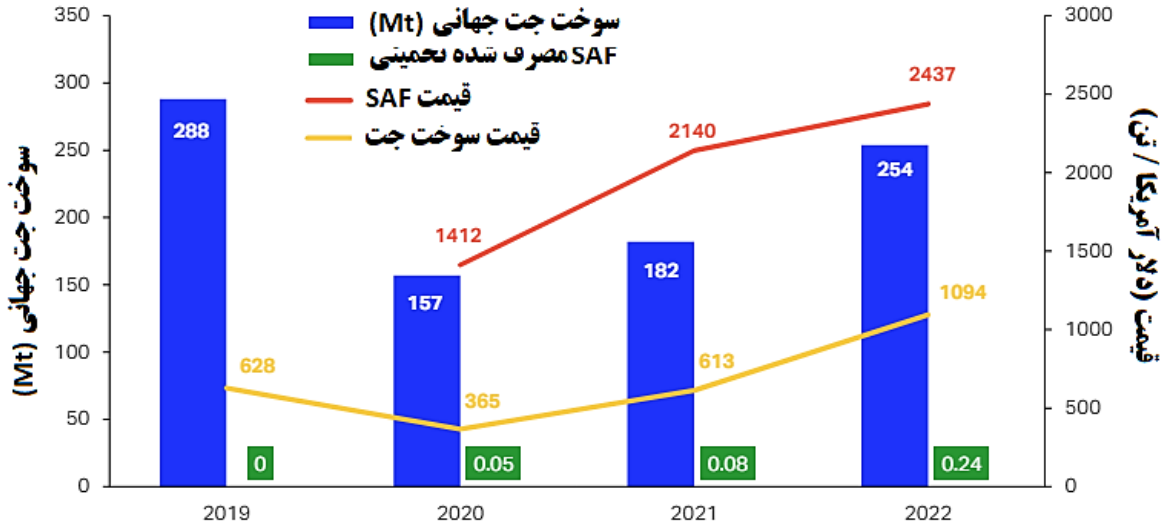
سوخت‌های زیستی پایدار (SAF) با محصولات غذایی، زمین‌های کشاورزی برتر، جنگل‌های طبیعی یا آب شیرین رقابت نمی‌کند و تهدیدی برای آنها محسوب نمی‌شوند و جایگزینی برای سوخت‌های الکتریکی هستند.

آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند که تولید SAF، بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۴۰ از ۱۸ به ۷۵ میلیارد لیتر افزایش یابد که بیانگر لزوم افزایش سهم سوخت هواپیما از ۵ درصد به ۱۹ درصد است.

شکل نمایش‌دهنده مصرف سوخت جت و SAF در صنعت هوایی جهان طبق بیان IATA است. طبق این نمودار در سال ۲۰۲۲، تولید سوخت SAF به ۰.۲۴ میلیون تن رسید که تنها ۰.۱ درصد از حجم کلی سوخت جت است. با این وجود، تولید SAF طی سه سال گذشته پنج برابر رشد قابل توجهی داشته است که نشان دهنده تقاضای قوی این سوخت در بازارهای جهانی است. در سال ۲۰۲۲، خطوط هوایی تمام عرضه SAF موجود در سطح جهان را با وجود تفاوت قیمت با سوخت جت معمولی خریداری کردند. در طول سال ۲۰۲۲، میانگین برآورد قیمت SAF حدود ۲۴۰۰ دلار در تن بود، البته با تفاوت‌های قابل توجه در مناطق مختلف. این قیمت حدود دو و نیم برابر بیشتر از قیمت سوخت جت معمولی است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۹-۳) مصرف سوخت جت و SAF در صنعت هوایی جهان طبق بیان IATA

آنجل لوئیس آریاس، نماینده دائم اسپانیا در شورای سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی (ایکائو) در بیان خود در سال ۲۰۲۳ ابراز اطمینان کرد که قیمت‌های بالای سوخت پایدار هوانوردی (SAF) به‌تدریج در طول زمان کاهش خواهد یافت. او قیمت‌های بالای فعلی را به‌تازگی SAF در بازار و تعداد محدود تولیدکنندگان SAF نسبت داد. آریاس در جلسه اختتامیه سومین کنفرانس هوانوردی و جایگزین ایکائو به خبرگزاری امارات (WAM) گفت: در سال‌های آینده، کاهش قابل‌توجهی در قیمت‌های SAF پیش‌بینی می‌کنیم که راه را برای رشد قوی در این بخش نوظهور سوخت (CAAF/3) هموار می‌کند. او اهمیت CAAF/3 را در ایجاد یک چارچوب جهانی جدید برای راه‌اندازی SAFها و کربن‌زدایی بخش هوانوردی تا سال ۲۰۵۰ برجسته کرد.

در حال حاضر SAF تنها می‌تواند تا حدود ۵۰ درصد از نیاز سوخت هواپیماها را تأمین کند. SAF هنوز به‌صورت وسیع در صنعت هوانوردی استفاده نشده است، اما این روند در حال افزایش است، به‌طوری‌که از اولین پرواز در سال ۲۰۰۸، SAF انرژی بیش از ۱۵۰,۰۰۰ هواپیما را تأمین کرده است.

طبق آخرین گزارش آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا میزان مصرف روزانه سوخت هواپیما در ایران روزانه بین ۴ الی ۵ میلیون لیتر است. میانگین مصرف سالیانه سوخت هواپیمایی کشور برابر با ۱.۴۶۰ – ۱.۸۲۵ میلیارد لیتر است که حدود ۵۰٪ آن توسط پالایشگاه تهران تولید می‌شود. با تولید حدود ۹۳-۴۱.۲ میلیون لیتر سوخت SAF معادل و جایگزینی آن با ۵۰٪ سوخت هواپیما، می‌توان ۲-۶.۵٪ از نیاز صنعت هوایی کشور را تأمین نماید. در سال ۱۴۰۲، قیمت داخلی سوخت جت لیتری ۶۰۰ تومان به شرکت‌های هواپیمایی داده می‌شود. قیمت سوخت هواپیما سالیانه بین ۸۷۶ میلیارد تا ۱۰۹۵ میلیارد تومان متغیر است. ۳.۱۶ کیلوگرم CO_2 به ازای هر کیلوگرم سوخت جت منتشر می شود. این میزان تقریبا برابر با انتشار ۵.۷۶۷ تا ۴.۶۱۳ میلیارد تن CO_2 در کشور است. جایگزینی این مقدار سوخت جت، سبب کاهش ۴-۶٪ انتشار CO_2 می‌گردد.

۶-۶-۳- بیودیزل

بیودیزل سوختی زیست‌پایه که از طریق واکنش ترانس‌استریفیکاسیون روغن‌ها یا چربی‌های آلی با الکل (متانول یا اتانول) به‌دست می‌آید، همراه با گلیسرول به‌عنوان محصول جانبی . سوخت بیودیزل را میتوان به‌راحتی با گازوییل مخلوط و در

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

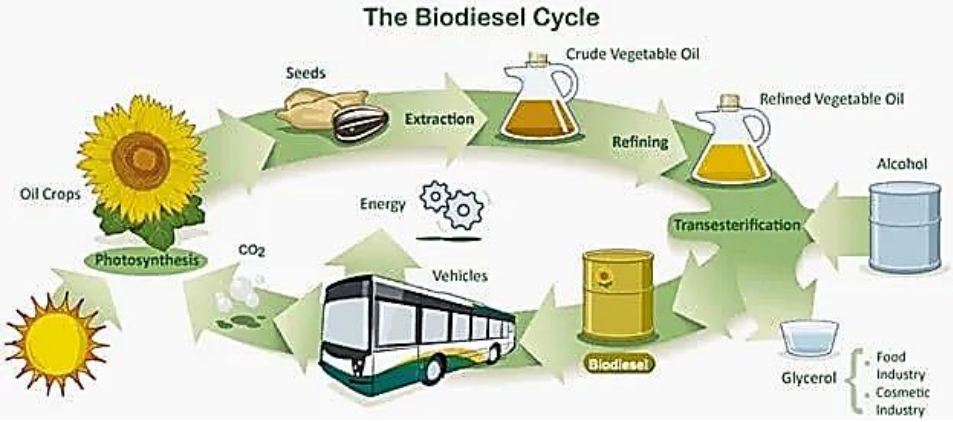
خودروهای گازوییل‌سوز استفاده کرد. ذرات معلق و هیدروکربن‌های نسوخته که از اگزوز خودروهای دیزلی خارج می شوند، سمی و سرطان‌زا هستند و تهدیدی برای سلامتی انسان ها به شمار می‌آیند. این در شرایطی است که نتایج مثبت استفاده از بیودیزل در کاهش سمیت و آلودگی هوا از سوی ارگان ها و سازمان های معتبر جهانی تایید شده است. برای مثال، گیاه سویا،CO_2 هوا را جذب می کند و پس از استخراج روغن از دانه‌های سویا، به بیودیزل تبدیل می شود. سوختن این ماده CO_2 تولید می کند و CO_2 تولیدشده به‌وسیله گیاهی که سوخت از آن تهیه‌شده است، باز جذب می شود. این چرخه هیچ دی‌اکسید کربنی وارد طبیعت نمی کند. منابع اولیه تولید بیودیزل به شرح زیر می باشند:

- روغن‌های گیاهی (سویا، کلزا، آفتاب‌گردان)
- چربی‌های جانوری
- روغن‌های مصرف‌شده (waste cooking oil)
- جلبک‌ها (نسل سوم خوراک بیودیزل)

انواع بیودیزل و درصد ترکیب های آن به قرار زیر هستند:

- B100 : بیو دیزل خالص
- B20: ٪۲۰ بیو دیزل + ٪۸۰ دیزل فسیلی
- B5، B10 و... با درصدهای متفاوت تولید می‌شوند.

اکثر موتورهای دیزلی مدرن با ترکیب B20 بدون تغییر قابل استفاده اند؛ B100 ممکن است شرایط خاص نگهداری یا تنظیم موتور را نیاز داشته باشد. نتایج تحقیقات نشان داده‌شده است که اگر تا ۲۰ درصد باک خودرو را با بیودیزل پرکنیم، هیچ نیازی به تغییر سیستم احتراق یا تغییر قطعات خودروها نیست و می توان این سوخت را بدون هیچ اشکالی در موتورهای امروزی مصرف کرد. طبیعی است که پر کردن ۲۰ درصد از یک خودرو با این ماده به همین مقدار از آلاینده هایی مانند دی‌اکسید کربن، هیدروکربن ها و منواکسید کربن می کاهد، اما در مورد گوگرد این مقدار حتی قابل‌توجه‌تر است، چنانکه گوگردی که از این سوخت حاصل می شود، ۱۵ درصد و تقریباً غیرقابل‌اندازه‌گیری است، بنابراین برای کاهش گوگرد در سوخت دیزل می توان از مخلوط کردن بیودیزل و گازوییل استفاده کرد.



شکل (۴۰-۳) چرخه بیودیزل

بیودیزل با کاهش انتشار CO_2 تا ٪۴۰ در مقایسه با گازوئیل، گزینه‌ای پاک‌تر برای محیط زیست است . برای هر واحد انرژی مصرف‌شده در تولید بیودیزل از سویا، تقریباً ۴.۵ واحد انرژی تولید می‌شود، در حالی‌که در سوخت فسیلی این نسبت کمتر از

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

یک است .مزیت دیگر این سوخت، تجزیه‌پذیری ان است. در صورت نشت یا ریختن در محیط، این سوخت سریع تجزیه می‌شود و آسیب کمتر به محیط می‌رساند . نقطه احتراق بیودیزل بالاتر، و سازگاری با موتورهای دیزلی مدرن وجود دارد. خواص روان‌کنندگی طبیعی آن نیز عمر موتور را افزایش می‌دهد .تولید بیودیزل از منظر امنیت انرژی و توسعه اقتصادیحائز اهمیت است. تولید محلی این سوخت با منابع تجدیدپذیر می‌تواند به استقلال انرژی و اشتغال روستایی کمک کند .

کشور گینه تولید ۶۰۰,۰۰۰ لیتر بیودیزل نارگیلی در جزیره کارکار پاپوآ گینه نو برای تأمین انرژی مراکز محلی مانند مدارس و کامیون‌ها ی خود را انجام میدهد.

فناوری تولید این سوخت در کشور قابل‌دسترس است لازم به ذکر است تولید این سوخت می‌تواند بخش کشاورزی را نیز به تحرک وادارد، زیرا این سوخت از روغن‌های گیاهی به دست می‌آید، پس با تولید آن نیاز بیشتری به کاشت دانه‌های گیاهی است که به اشتغال‌زایی در بخش کشاورزی کمک می‌کند. نکته مهم دیگر، امکان استفاده مجدد از روغن‌های گیاهی سوخته برای تولید بیودیزل است. از روغن‌های سوخته که در بسیاری جاها ازجمله اغذیه‌فروشی‌ها به مقدار زیاد استفاده و در پایان روز دور ریخته می‌شوند، می‌توان در تولید بیودیزل استفاده کرد. یعنی همان کاری که اکنون در مورد روغن‌های صنعتی انجام می‌شود.

در حال حاضر روغن‌های مورداستفاده در خودروها را پس از خریداری با کمک برخی مواد افزودنی به روغنی قابل‌استفاده تبدیل می‌کنند. به‌این‌ترتیب نه‌تنها این روغن‌ها بازیافت می‌شوند، بلکه از دور ریخته شدن آن‌ها که آلودگی‌های زیست‌محیطی را در پی دارد، جلوگیری می‌شود، مواد اولیه این سوخت نیز کاملاً در دسترس و قابل تهیه است. ضمن این‌که کشت دانه‌های روغنی و کارهای جنبی که در کنار آن ایجاد می‌شود، مانند بسته‌بندی و عرضه و تبدیل آن‌ها به سوخت اشتغال‌زایی را نیز به همراه دارد.

در ایران دو شرکت پایار انرژی گستر یکتا و شرکت زیست بنیان فرآیند نیوساد بیودیزل تولید میکنند.

۷-۳- افزودنی‌های فرموله صنایع غذایی

بازار افزودنی‌های فرموله صنایع غذایی از جمله استابیلایزرها (تثبیت‌کننده‌ها) وامولسیفایرها ارزشی بالغ بر ۱۵۰ میلیون دلار دارد. این مواد شیمیایی زیستی نقش مهندسی بافت، افزایش ماندگاری، حفظ همگنی و بهبود ویژگی‌های حسی (طعم و بو) محصولات غذایی را ایفا می‌کنند. امولسیفایرها (مانند لسیتین و مونوگلیسیریدها) برای مخلوط کردن مواد آبگریز و آبدوست (مانند آب و روغن) در محصولاتی نظیر سس‌ها و مارگارین‌ها ضروری هستند، در حالی که استابیلایزرها (مانند صمغ‌ها و پکتین) از جدایی فازها جلوگیری کرده و بافت نهایی محصول (مانند بستنی و ماست) را بهینه می‌سازند. بسیاری از این افزودنی‌ها (مانند صمغ‌های گیاهی، پکتین و ژلاتین) با استفاده از منابع زیستی و فرآوری‌های بیوتکنولوژیک تولید می‌شوند.

این بخش یک بازار تخصصی با فناوری بالا است که به‌شدت تابع مقررات و استانداردهای بهداشتی سختگیرانه بین‌المللی است. شرکت‌های بزرگ جهانی مانند Kerry Group، Cargill و DuPont N&H در این بازار فعال هستند. در ایران، شرکت‌های تولیدکننده مواد اولیه و واسطه‌های غذایی در زمینه تولید برخی از این مواد (مانند استابیلایزرهای لبنی) فعالیت دارند، اما بخش قابل توجهی از امولسیفایرها و هیدروکلوئیدهای تخصصی از طریق واردات تأمین می‌گردد. حجم بازار ۱۵۰ میلیون دلاری، نشان‌دهنده اندازه بزرگ صنایع غذایی کشور و نیاز مستمر به این مواد جهت تولید محصولاتی با کیفیت رقابتی است. توسعه این بخش نیازمند نوآوری در تولید افزودنی‌های طبیعی و با منشأ ارگانیک به‌منظور پاسخگویی به تقاضای فزاینده

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مصرف‌کنندگان برای "برچسب تمیز" (Clean Label) است.

پایدار کننده‌های گرید غذایی با کد تعرفه گمرکی ۲۱۰۶۹۰۱۰ وارد می‌شوند. در سال ۱۴۰۳ مقدار ۲۹۵۱ تن به ارزش ۲۶.۲۳ میلیون دلار پایدارکننده خوراکی واردکشور شده است.

امولسیفایرهای گرید غذایی با کد تعرفه گمرکی ۲۱۰۶۹۰۲۰ وارد می‌شوند. در سال ۱۴۰۳ مقدار ۶۵۶۷ تن به ارزش ۲۲.۴۳ میلیون دلار پایدارکننده خوراکی واردکشور شده است.

شرکت پارس طعم آرا، تأمین‌کننده قابل اعتماد صنایع غذایی کشور در زمینه تولید استابلایزرهای گوشتی، تک‌طعم‌های پودری و استابلایزرهای لبنی است. پارس طعم آرا در سال ۱۳۹۲ با تمرکز بر تولید استابلایزرهای گوشتی فعالیت خود را آغاز کرد و هم اکنون در دو زمینه تولید و واردات افزودنی‌های صنایع غذایی نیز فعالیت دارد. استابلایزرهای صنایع گوشتی شرکت پارس طعم آرا، شامل چند دسته است. استابلایزرهایی که با حفظ ساختار پروتئینی انواع گوشت باعث افزایش سطح کیفی محصول می‌شوند، و استابلایزرهایی که سبب بهبود برش‌پذیری و بهبود بافت محصول نهایی می‌شوند. برای صنایع لبنی این شرکت استابیلایزرهای پنیر پروسس، پنیر خامه‌ای، خامه قنادی، خامه صبحانه و دوغ تک فاز را دارد. استابیلایزرهای این شرکت به شرح زیر هستند:

- استابلایزرهای گوشتی (کوامیکس و اولتراکوت)
- ایزوله پروتئین سویا
- کاراگینان
- فیبر سویا
- پلی فسفات سدیم
- زانتان گام
- نشاسته اصلاح شده
- مونو دی گلیسیرید
- گوارگام
- سدیم کربوکسی متیل سلولز

شرکت صنایع غذایی شوان گروه پارسه به عنوان تولیدکننده استابیلایزرهای صنایع غذایی، انواع استابیلایزرها، نمک‌های فسفات و پودرهای پریمیکس پروتئین برای انواع فرآورده‌های غذایی مختلف ازجمله فرآورده‌های گوشتی، لبنی، آبمیوه، بستنی، شیرینی و شکلات را عرضه می‌کند. چکیده‌ای از محصولات تولیدی شوان گروه پارسه:

- استابلایزر تخصصی برای کلیه محصولات لبنی از جمله انواع ماست، انواع پنیر، دوغ، شیرهای طعم دار، پنیر پیتزا، بستنی و دسرهای لبنی
- استابلایزرهای تخصصی برای انواع آب میوه و نوشیدنی‌های پالپ دار
- انواع استابیلایزر فرآورده‌های گوشتی
- انواع استابیلایزرهای سس
- انواع نمک‌های امولسیون کننده لبنی و گوشتی
- انواع مکمل پروتئینی، انواع میکس پروتئین‌ها بر پایه شیر و جایگزین شیر خشک جهت بهبود بافت ماست تولیدی و کاهش قیمت تمام شده

شرکت آیش شیر شمال با برند تجاری بلیتسا Belitsa از سال ۱۳۸۷ فعالیت خود را با ارائه انواع استابلایزر و امولسی فایرها به کارخانجات صنایع لبنی ایران آغاز نمود. این شرکت تعاملات گسترده با کارخانجات لبنی مطرح کشور همانند شرکت صنایع شیر ایران (پگاه)، آستان قدس رضوی، رامک، کالبر، رادوارتوس (هومان)، شرکت لبنیات ارمغان (مانی ماس)، فیضان (بالتیکا)، ستاره شرق، ستاره طلایی، ایساتیس یزد، پالود و دیگر کارخانجات موفق کشور در صنعت لبنیات دارد. شرکت آیش شیر شمال با برند بلیتسا تولید کننده انواع استابلایزرهای لبنی از جمله موارد زیر است:

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- استابلایزر خامه استریل با چربی حیوانی (BS 67)
- استابلایزر خامه استریل با چربی گیاهی (BS 50)
- استابلایزر ماست همزده (BS 74)
- استابلایزر ماست قالبی (BS 81)

۸-۳- اسیدهای آمینه

بازار اسیدهای آمینه کشور با ارزش ۸۰ میلیون دلار نمایانگر اهمیت تولید این بلوک‌های سازنده پروتئین به‌واسطه فرآیندهای تخمیر میکروبی است. این بازار به طور کلی به اسیدهای آمینه مانند لیزین، متیونین، ترئونین، مونوسدیم گلوتامات، آسپارتیک اسید، تریپتوفان، سیتئین، گلایسی و گلوتامیک اسید اختصاص دارد که در کشور پرکاربرد هستند. لایزین و گلوتامیک اسید از اصلی‌ترین اسیدهای آمینه تولیدی در مقیاس صنعتی هستند. لایزین (به صورت سولفات یا هیدروکلراید) به‌عنوان یک اسید آمینه ضروری به طور گسترده در صنایع خوراک دام و طیور به‌عنوان مکمل غذایی استفاده می‌شود تا جیره غذایی را متعادل سازد و بازده رشد را افزایش دهد. گلوتامیک اسید، که عمدتاً به فرم مونوسدیم گلوتامات (MSG) برای بهبود طعم استفاده می‌شود، کاربرد غالب در صنایع غذایی دارد. تولید این مواد توسط سویه‌های باکتریایی مهندسی‌شده و در بیوراکتورهای صنعتی انجام می‌گیرد و نیازمند فناوری تخمیر دقیق است.



سهم غالب در تولید جهانی اسیدهای آمینه را کشورهای آسیایی، به‌ویژه چین و کره جنوبی، در اختیار دارند که شرکت‌هایی نظیر Ajinomoto، CJ CheilJedang و Evonik از بازیگران اصلی هستند. این کشورها با بهره‌گیری از مواد اولیه ارزان (مانند نشاسته) و فرآیندهای بهینه تخمیر، تولید انبوه این محصولات را در دست گرفته‌اند. در ایران، تلاش‌هایی برای تولید اسیدهای آمینه خوراکی صورت گرفته است، اما حجم تولید داخل هنوز نیاز بازار (به‌ویژه در بخش خوراک دام) را به‌طور کامل تأمین نمی‌کند و بخش عمده لایزین و سایر اسیدها آمینه مورد نیاز کشور وارداتی است. ارزش بازار ۸۰ میلیون دلاری، نشان‌دهنده تقاضای ثابت در صنایع غذایی و دام و طیور است و هرگونه موفقیت در بومی‌سازی تولید انبوه لایزین می‌تواند تأثیرات عمده‌ای بر اقتصاد بخش کشاورزی کشور داشته باشد.

مکمل‌های اسیدهای آمینه‌ای ترکیباتی هستند که در تغذیه‌ی دام طیور و آبزیان در مدل صنعتی پرورش کاربرد وسیع و غیر قابل اجتنابی دارند مهم‌ترین اسیدهای آمینه مورد استفاده در تغذیه دام طیور و آبزیان شامل متیونین لیزین و ترئونین می‌باشند که به دلیل عدم تولید صنعتی در داخل کشور تأمین نیاز آنها در حال حاضر کاملاً وابسته به واردات است لیزین مورد نیاز کشور در جیره‌ی خوراک دام طیور و آبزیان ۱۴ هزار تن است. این میزان برای متیونین ۱۸ هزار تن است همچنین ترئونین مورد نیاز صنعت طیور ایران در حدود ۲ هزار تن در سال است. این حجم از واردات اسیدهای آمینه به تنهایی برای کشور بار مالی نزدیک به ۹۰ میلیون یورو را در پی دارد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۳-۳) واردات اسیدهای امینه به کشور

تعرفه	شرح تعرفه	مقدار (تن)	ارزش (میلیون دلار)
۲۹۲۲۴۱۰۰	لیزین و استرهای آن، املاح این محصولات	۲۸۲۵۴	۴۶.۴۲
۲۹۳۰۴۰۰۰	متیونین	۳۹۵۹۶	۱۲۵.۰۵

جدول زیر لیست شرکت‌های تولید کننده‌ی آمینواسید (غیرفعال) در کشور را نشان می‌دهد.

جدول (۱۴-۳) شرکت‌های تولید کننده‌ی آمینواسید (غیرفعال) در کشور

ردیف	نام شرکت	ظرفیت (تن)	محصول	استان
۱	تولید پژوه آنزیم زیست	۱۴۰۰۰	لیزین	قزوین
۲	فراور لیزین پارس	۱۴۰۰۰	لیزین	خوزستان
۳	صنایع شیمیایی پتروتک	۱۸۰۰۰	متیونین	مرکزی
۴	صنایع شیمیایی دارویی پتروتک	-	لیزین	مرکزی

۲-۸-۳- لیزین

لیزین یکی از اسیدهای آمینه پرکاربرد در خواک دام و طیور می‌باشد. بازار اصلی مصرف لیزین در کشور در جیره‌ی دام، طیور و آبزیان خصوصاً طیور است. ظرفیت نیاز بین ۱۴ الی ۲۰ هزار تن محصول نهایی براورد می‌شود. طبق بررسی‌های صورت‌گرفته چالش اصلی عدم موفقیت اقدامات ۲۰-۳۰ ساله حول راه‌اندازی خط تولید لیزین درکشور حد اقتصادی ظرفیت واحد است که رابطه‌ی مستقیم با راندمان سویه دارد. با توجه به گزارش وزارت صمت در حال حاضر، واحد فعال تولید در کشور وجود ندارد با این حال در طی سال‌های گذشته در کشور اقدامات مختلفی در راستای راه‌اندازی واحد لیزین صوت گرفته است. در ادامه به اختصار به برخی از اقدامات پرداخته می‌شود.

شرکت فراور لیزین پارس با هدف تولید ۱۴۰۰۰هزار تن در سال لیزین سولفات راه‌اندازی شد. مدیران مجموعه آقایان علی ناظران، علیرضا ساختیانچی و علی رجایی ثانی بودند. این افراد شرکت دیگری تحت عنوان شرکت ساختمانی فلات پارس – فعال در حوزه پروژه‌های صنعتی نفت و گاز- دارند. برای این پروژه مبلغ ۱۱.۶ میلیون یورو از محل حساب صندوق ذخیره ارزی (مصوبه هیات امنا صندوق ذخیره ارزی و نامه‌ی معاون اول رییس جمهور در سال ۱۳۸۸) وام تخصیص داده شده است. در سال ۱۳۹۷ سرمایه ثابت شرکت طبق اظهارات ناظر پروژه (شرکت پژوهشگران فن گستر) ۲۷۵.۸ میلیارد تومان گزارش شده است. درصد پیشرفت پروژه تا سال ۱۴۰۱ طبق اظهارات موسسه مطالعات پژوهش‌های بازرگانی ۴۵٪ اعلام شده است. طبق سامانه جامع امور واگذاری اراضی کشور زمینی به مساحت ۴۷۴۰۱ مترمربع به این پروژه تخصیص داده شده است. تکنولوژی این پروژه با احتمال بسیار زیاد از شرکت اوونیک دگوسا قرار بود خریداری شود.

شرکت پژوهش آنزیم زیست با مدیریت آقای مهندس لطفی با هدف تولید لیزین خوراک طیور در سال ۱۳۸۷ در قزوین راه اندازی شد. پایلوت ۱۰۰۰ لیتری موفقیت آمیز بود اما در مقیاس صنعتی نتوانستند عملکرد اقتصادی داشته باشند. علت اصلی شکست پرژه راندمان پایین سویه بوده است. سویه‌ای که در اختیار مجموعه قرار گرفته بود ۵۰گرم بر لیتر تولید داشت اما سویه‌ی صنعتی باید حداقل ۱۰۰ گرم بر لیتر عملکرد داشته باشد. اقدامات گسترده‌ای جهت تامین سویه از روسیه و چین نیز صورت گرفته است اما این اقدامات نتیجه بخش نبوده است. در حال حاضر این مجموعه به تولید واکسن‌های طیور پرداخته

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

است.

شرکت بن دا فراور با مدیریت آقای مرجوعی که در حوزه‌ی تولید آنزیم فعال است قصد داشت با خرید زمینی در استان البرز واحد تولید لیزین را راه‌اندازی کند اما تا کنون این پروژه از طرف مجموعه پیشرفتی نداشته است.

شرکت پارس پتروتک با مدیریت مرحوم مهندس داوری که واحد شکست‌خورده‌ای در زمینه‌ی تولید اسیدآمینه‌ی متیونین در اراک راه‌اندازی کرده است، در ابتدای دهه ۹۰ قصد داشت خط تولید لیزین دست دوم از کشور ارمنستان را به کشور وارد کند. مشاور این شرکت، آقای دکتر آذین، این شرکت را از این قصد منصرف کردند چرا که خط فرسوده بوده و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری بالایی را باید متقبل می‌شدند.

هلدینگ زر نیز در طرح‌های آتی خود، راه‌اندازی واحد لیزین را در نظر دارد.

طبق بررسی‌های صورت‌گرفته چالش اصلی عدم موفقیت اقدامات ۲۰-۳۰ ساله حول راه‌اندازی خط تولید لیزین درکشور حد اقتصادی ظرفیت واحد است که رابطه‌ی مستقیم با راندمان سویه دارد.

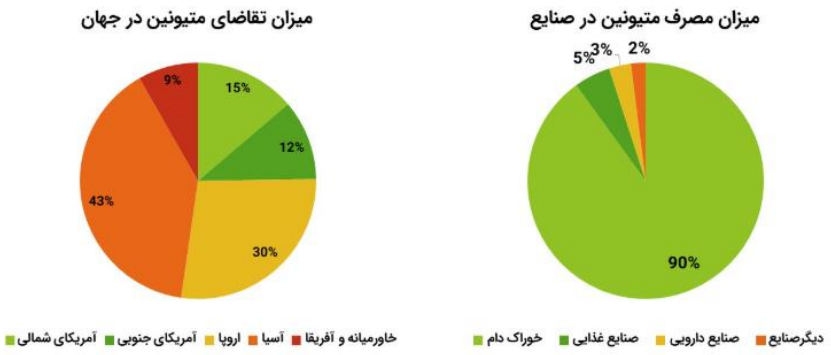
لیزین با کد تعرفه ۲۹۲۲۴۱۰۰ تحت عنوان لیزین و استرهای آن؛ املاح این محصولات وارد می‌شود. واردات لیزین در سال ۱۴۰۳برابر با ۲۹ هزار تن به ارزش ۴۶.۵ میلیون دلار بوده است. در ۱۸ سال اخیر (۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲) حدود ۱۵۵ هزار تن لیزین به ارزش ۲۸۰ میلیون دلار به کشور وارد شده است. به دلیل عدم تولید لیزین در کشور، صادرات این ماده از کشور وجود ندارد. لیزین در سه فرم تجاری هیدروکلراید و سولفات و مایع -که تنها در اروپا عرضه می‌شود- عرضه می‌شود. لیزین هیدروکلراید ۷۸.۸٪ ، لیزین سولفات ۴۶.۸٪ و لیزین کلراید مایع ۵۰٪ اسیدآمینه‌ی آزاد L-لیزین دارد.

۳-۸-۳- متیونین

متیونین یک اسیدآمینه ضروری برای بدن انسان و جیره‌غذایی دام، طیور و شیلات است که در تبدیل مواد غذایی به پروتئین و در نتیجه سرعت وزن‌گیری و بهبود عملکرد سیستم ایمنی تأثیرگذار است. این ماده به دلیل پایداری بالا و اثرات محیط‌زیستی پایین، به‌شکل قابل توجهی در صنعت دام، طیور و شیلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف متیونین در منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ از ۲ هزارتن در سال به بیش از ۵۵ هزار تن افزایش یافته‌است. این میزان افزایش به‌دلیل تغییر سبک دامپروری از سیستم پرورش سنتی به سیستم‌های بسته و تغییر جیره‌غذایی از جو و گندم به ذرت بوده است. مطابق نمودار زیر، بیش از یک میلیون تن از متیونین تولید شده در جهان در کشورهای آسیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۲۰۲۲ در حدود ۲.۵ میلیون تن به ارزش تقریبی ۶.۲ میلیارد دلار متیونین در جهان تولید شد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد این میزان افزایش تولید و تقاضای این محصول ادامه دار باشد و تا سال ۲۰۳۲ به بیش از ۵ میلیون‌تن به ارزش تقریبی ۱۳.۵ میلیارد دلار برسد. به‌عنوان مثال سالانه بیش از ۸۰ میلیون‌تن ماهی در آسیا پرورش داده می‌شود که با توجه به روند رو به رشد پرورش و صید ماهی، میزان تقاضای متیونین در صنایع شیلات نیز افزایش خواهد یافت.

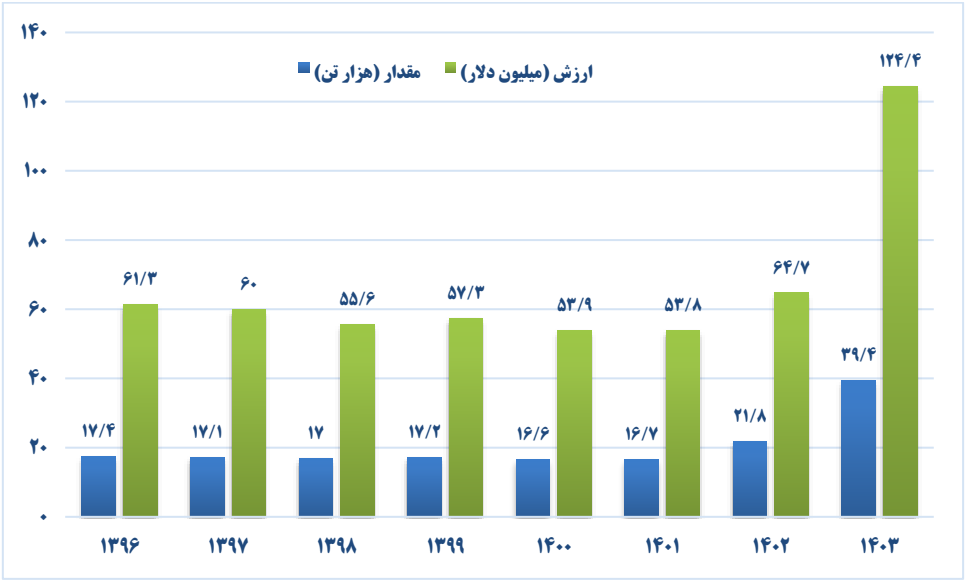
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۱-۳) میزان مصرف متیونین در جهان

در حال حاضر واحد اسید آمینه‌ی متیونین نیز در کشور وجود دارد. اما به دلیل کمبود نقدینگی تولید انجام نمی‌شود؛ بنابراین صنایع تولید گوشت در کشور ناچار به واردات متیونین هستند. نیاز بازار کشور به متیونین حدود ۱۸ هزار تن براورد شده است. در سال ۱۴۰۳، حدود ۴۰ هزار تن متیونین به ارزش ۱۲۴.۵ میلیون دلار به کشور وارد شده است. مطابق نمودار زیر، از سال ۱۳۹۶ تاکنون بیش از هزار تن متیونین به ارزش میلیون‌دلار به کشور وارد شده است. این میزان واردات در حالی بوده است که تولید این محصول در کشور، علاوه‌بر تأمین نیاز داخلی، به دلیل تولید انحصاری در جهان ظرفیت بالایی برای صادرات دارد. علاوه براین واردات عموماً تحت تاثیر نرخ ارز قرار می‌گیرد، گاهی میزان متیونین کشور دچار کمبود شده و این موضوع زنجیره‌غذایی کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین ایجاد ظرفیت تولید متیونین در جهت حفظ امنیت‌غذایی، ایجاد ارزش افزوده و جلوگیری از واردات، ضرورت دارد.



شکل (۴۲-۳) واردات متیونین به کشور

۴-۸-۳- ترئونین

در زمینه‌ی اسید آمینه‌ی ترئونین این نکته لازم به ذکر است که بخش عمده‌ی پروتئین پر ترئونین است اگر بتوان پر هیدرولیز

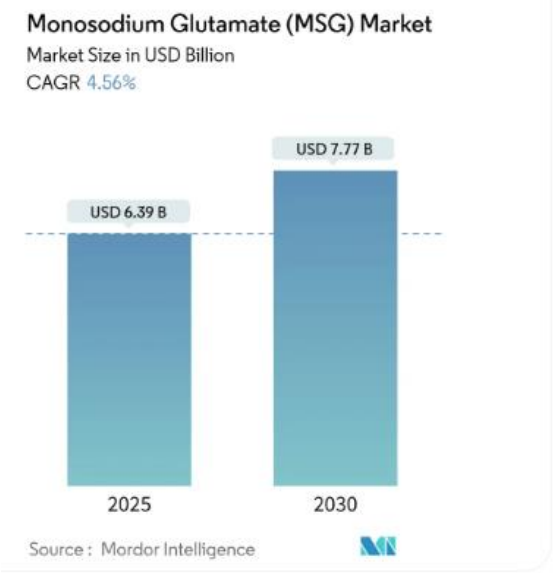
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شده‌ای تولید نمود که پیوند دی سولفید آن شکسته شود، بخش اعظمی از نیاز بازار به این اسید آمینه کاهش پیدا خواهد. در حال حاضر تمام نیاز ۲ هزار تنی ترئونین کشور از طریق واردات تأمین می‌گردد.

۵-۸-۳- مونوسدیم گلوتامات

مونوسدیم گلوتامات (MSG) یکی از پرکاربردترین افزودنی‌های غذایی در جهان است که عمدتاً به عنوان طعم‌دهنده و تقویت‌کننده طعم «اومامی» شناخته می‌شود. این ترکیب در طیف وسیعی از محصولات غذایی از جمله سوپ‌ها، غذاهای آماده، سس‌ها، گوشت‌های فرآوری‌شده و تنقلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سطح جهانی، بیشترین کاربرد آن در صنایع تولید نودل‌های فوری، سوپ‌ها و آبگوشت‌ها گزارش شده است؛ به‌طوری‌که بر اساس گزارش شرکت Grand View Research در سال ۲۰۲۴، بخش نودل و سوپ حدود ۳۸ درصد از کل درآمد بازار جهانی MSG را به خود اختصاص داده است. شکل پودری این ماده نیز بیش از ۶۰ درصد از کل سهم بازار را در همان سال تشکیل داده و همچنان شکل غالب در تولید و توزیع جهانی محسوب می‌شود. علاوه بر نقش طعم‌دهندگی، مونوسدیم گلوتامات در تنظیم اسیدیته و بهبود طعم گوشت‌های فرآوری‌شده و غذاهای نیمه‌آماده نیز کاربرد دارد. یکی از دلایل محبوبیت آن، توانایی در کاهش میزان سدیم در محصولات غذایی است، چرا که با وجود داشتن سدیم کمتر نسبت به نمک خوراکی، می‌تواند طعم پرتری ایجاد کند و در نتیجه جایگزینی مؤثر در کاهش مصرف نمک به شمار آید. بازار جهانی مونوسدیم گلوتامات در دهه اخیر رشد چشمگیری داشته است که دلیل اصلی آن افزایش مصرف غذاهای فرآوری‌شده، رشد صنعت فست‌فود و گسترش شهرنشینی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. ارزش بازار جهانی MSG در سال ۲۰۲۴ حدود ۵.۸۹ میلیارد دلار برآورد شده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۷.۵۸ میلیارد دلار برسد. نرخ رشد ترکیبی سالانه این بازار در بازه ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ حدود ۴.۴ درصد تخمین زده می‌شود. منطقه آسیا-اقیانوسیه بزرگ‌ترین سهم بازار را با حدود ۴۸ درصد به خود اختصاص داده است و در این میان چین به‌تنهایی حدود ۴۴ درصد از کل مصرف و تولید منطقه را پوشش می‌دهد. شکل زیر بازارجهانی مونوسدیم گلوتامات را نمایش می‌دهد.





https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۴۳-۳) بازار جهانی مونوسدیم گلوتامات

اغلب شرکت‌های فعال در بازار ایران در زمینهMSG ، تأمین‌کننده یا واردکننده این ماده از خارج کشور هستند؛ برای نمونه، شرکت‌هایی مانند آرون شیمی نامدار و پترو کیمیا به عنوان واردکننده MSG گزارش شده‌اند. بخش عمده‌ای از MSG مصرفی در ایران از طریق واردات از کشورهایی مانند چین تأمین می‌شود. در سال ۱۴۰۳ حدود ۱۳۸۰ تن به ارزش ۲.۵ میلیون دلار واردات کشور بوده است.

۹-۳- عصاره تام و اسانس‌های طبیعی

بازار عصاره‌های تام و اسانس‌های طبیعی مانند مشتقات شیرین‌بیان و گل محمدی در جدول با ارزش ۵۰ میلیون دلار ثبت شده است. این بخش از زیست‌فناوری صنعتی بر استخراج ترکیبات شیمیایی با ارزش بالا از بیومس‌های گیاهی تمرکز دارد و از فناوری‌های استخراج سبز و فرآوری تخصصی استفاده می‌کند. عصاره شیرین‌بیان حاوی گلیسیریزین است که دارای خواص درمانی، شیرین‌کنندگی و کف‌زایی است و در صنایع دارویی، نوشیدنی و دخانیات کاربرد دارد. اسانس گل محمدی نیز به‌عنوان یک ماده معطر گران‌بها در صنایع آرایشی، بهداشتی و عطرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محصولات به طور مستقیم با ظرفیت‌های بومی گیاهان دارویی و معطر کشور مرتبط هستند.

ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گیاهان دارویی و معطر جهان، به‌ویژه در مورد شیرین‌بیان و گل محمدی، دارای مزیت نسبی بزرگی در این حوزه است. با وجود اینکه ایران از نظر سطح زیر کشت گل محمدی و منابع شیرین‌بیان در جایگاه‌های بالای جهانی قرار دارد، بخش عمده‌ای از صادرات به شکل خام یا فرآوری اولیه صورت می‌گیرد. حجم بازار ۵۰ میلیون دلاری، نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه برای افزایش ارزش افزوده از طریق سرمایه‌گذاری در فناوری‌های استخراج پیشرفته (مانند استخراج با سیال فوق بحرانی) و خالص‌سازی ترکیبات فعال است. فعالان این بخش در کشور، عمدتاً شرکت‌های تخصصی کوچک و متوسط هستند که در زمینه استخراج و استانداردسازی عصاره‌های گیاهی فعالیت می‌کنند و با چالش‌هایی نظیر استانداردسازی بین‌المللی و رقابت با تولیدکنندگان بزرگ اروپایی و آسیایی مواجه‌اند.

حوزه‌ی گیاهان دارویی یکی از حوزه‌های با ارزش‌افزودهٔ بالاست. لکن چند چالش در این حوزه منجر به عدم توسعه قابل‌قبول و رشد محسوس آن شده است. چالش اول، رقم گیاه است. برای مثال بیش از ۵۰ رقم نعنا در جهان وجود دارد؛ اما تنها ۴ رقم تجاری دارد که علاوه بر میزان ماده‌ی مؤثره، کیفیت مواد مؤثرهٔ آن نیز قابل‌قبول باشد. نکته‌ی دوم شرایط کشت است. برای مثال برای افزایش ماده‌ی مؤثرهٔ فلفل قرمز (کپسایسین) لازم است در انتهای دورهٔ رشد گیاه، تنش آبی داده شود تا تحت استرس قرار گرفته و ماده‌ی مؤثره به میزان بالا در دسترس باشد. چالش دیگر فرایندهای استخراج و خالص‌سازی به‌روز است. برای مثال فناوری استخراج فوق‌بحرانی، کروماتوگرافی، و... ازاین‌دست موارد است. چالش بعدی که می‌توان گفت اصلی‌ترین چالش در این حوزه است، نبود بازار برای طیف گسترده‌ای از محصولات است. برای مثال کروسین که ماده‌ی مؤثره زعفران است، با وجود کاربردهای دارویی فراوان و اهمیت بالا، بازار مشخصی در کشور ندارد و تنها چاره‌ی خلق ارزش، توسعه صادرات و بازار سایر کشورهاست. در جدول زیر پروفروش‌ترین و پر بازارترین مواد مؤثرهٔ روغنی گیاهی طبیعی را نشان می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۵-۳) لیست پرمصرف‌ترین ترکیبات مؤثره گیاهی و بازار آن در جهان

ردیف	نام ماده	نام انگلیسی	بازار (تن)
۱	بادیان ختایی یا انیسون ستاره‌ای	Star anise	۲۰۰۰-۲۵۰۰
۲	برگاموت	bergamot	۱۵۰-۲۰۰
۳	دارچین	Cassia/cinnamon	۷۰۰-۹۰۰
۴	چوب سدر	Cedar wood	۲۰۰۰-۲۵۰۰
۵	سیترونلا/علف لیمو	Citronella/lemon grass	۲۵۰۰-۳۲۰۰
۶	میخک	clove	۵۰۰۰-۶۰۰۰
۷	نعنا وحشی	Corn mint	۴۵۰۰۰-۵۵۰۰۰
۸	اوکالیپتوس	Eucalyptus	۱۶۵۰۰-۱۷۵۰۰
۹	اسطوخودوس	Lavender/lavandin	۲۰۰۰-۲۵۰۰
۱۰	لیمو	lemon	۱۴۰۰۰-۱۵۰۰۰
۱۱	لیموشیرازی	lime	۳۵۰۰۰-۴۰۰۰۰
۱۲	لیتسی چوبیا	litsea cubeba	۸۰۰-۱۲۰۰
۱۳	پرتقال	orange	۶۰۰۰۰-۷۰۰۰۰
۱۴	نعنای هندی	patchouli	۱۲۰۰-۲۰۰۰
۱۵	نعنا فلفلی	peppermint	۶۰۰۰-۷۰۰۰
۱۶	نعنا دشتی	spearmint	۱۵۰۰-۲۰۰۰

در سال ۱۴۰۲ تحت زیرشاخه‌ی کد تعرفه‌ی ۳۳۰۱ و ۱۳۰۲۱ و ۱۳۰۱ گمرک، میزان ۲۷۹ تن اسانس و عصاره طبیعی به ارزش ۸.۶ میلیون دلار و ۴۰۹ تن شیره و عصاره نباتی به ارزش ۲۸ میلیون دلار به کشور وارد شده است (این آمار تنها اسانس و مواد مؤثره روغنی گیاهان است و گیاهان دارویی وارداتی، داروهای فرموله‌ی گیاهی، گیاهان غیر دارویی نظیر قهوه، چای، کاسنی، و ... است.)، درحالی‌که ۳۰۳۰ تن اسانس و عرقیات به ارزش ۳ میلیون دلار که بخش اعظم آن عرقیجات (ساده‌ترین روش فراوری) و همچنین ۲۱هزار تن شیره و عصاره نباتی به ارزش ۲۷.۴ میلیون دلار -که حدود ۴۰٪ از این حجم مربوط به شیره‌ی شیرین‌بیان بوده است (مرحله اول فراوری)- صادرات داشته‌ایم و همچنین ۶۷۴ تن صمغ‌هایی نظیر (آنغوزه، کتیرا، سقز، باریجه و...) به ارزش ۸.۳ میلیون دلار صادرات و ۳۷۳ تن سایر صمغ‌ها نظیر صمغ عربی به ارزش ۲.۸ میلیون دلار واردات داشتیم. این آمار نشان از تکمیل نبودن زنجیره‌ی ارزش در حوزه‌ی گیاهان دارویی است. به بیان بهتر مواد اولیه به‌صورت فله با فراوری حداقلی صادر شده و مواد مؤثره با وزن کمتر و قیمت چندین برابری به کشور وارد می‌شود. هر گونه اقدام در راستای پالایشگاه زیستی گیاهان دارویی –که سه بخش تولید ماده‌ی اولیه‌ی با کیفیت، فناوری فراوری و توسعه‌ی بازار صادراتی‌است- با هدف تکمیل زنجیره ارزش می‌تواند به توسعه‌ی قدرت اقتصادی، اشتغال‌آفرینی و توسعه‌ی صنعت کشور کمک کند.

سایر فراورده‌های گیاهی نظیر مشتقات سلولز (مانند کربوکسی‌متیل سلولز با بیش از ۲۰۰۰ تن واردات به ارزش ۸.۳ میلیون دلار، و ...) که بیش از ۱۰۳۰۰ تن واردات به ارزش بیش از ۴۸ میلیون دلار، قندها و مشتقات آن که حدود ۲۰هزار تن به ارزش بیش از ۴۱ میلیون دلار، نشاسته‌های خام و اصلاح شده به میزان ۱۴هزار تن به ارزش ۵ میلیون دلار، و... نیز از فراورده‌های گیاهی هستند که در این حوزه می‌توان به آن‌ها نگاه داشت.

کشت و صنعت محصولات نظیر اینولین از ریشهٔ کاسنی با بازار حدودی ۵۰۰ تنی در سال، کشت و صنعت انگور شاهانی (شانی) به‌عنوان جایگزین ویتامین ای در جیرهٔ طیور و آنتی اکسیدان خوراک دام با بازار حدودی ۱۰۰۰ تن در سال از دیگر

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

پتانسیل‌های این حوزه است.



در حال حاضر، ایران و پس از آن ترکیه و بلغارستان از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گل محمدی در جهان محسوب می‌شوند. بیش از ۷۰ درصد گل محمدی دنیا در ایران تولید می‌شود و می‌توان گفت که مهم‌ترین گیاه دارویی در ایران، پس از زعفران، گل محمدی است. سطح زیرکشت وسیع گل محمدی در کشور، سابقه دیرینه گلاب‌گیری سنتی، تولید گلاب و اسانس در سطح صنعتی و از همه مهم‌تر خواص دارویی و عطر خوش‌بوی گل محمدی، مصرف وسیع گلاب و سایر فرآورده‌های گل محمدی در بین مردم ایران و کشورهای دیگر به‌ویژه کشورهای همسایه، باعث اهمیت ویژه این گیاه در کشور شده است. ایران مقام نخست تولید و صادرات گلاب جهان و مقام نخست تولید و صادرات غنچه گل محمدی دنیا را در اختیار دارد. اراضی زیر کشت گل محمدی از ۱۹ هزار هکتار در سال ۱۳۹۶ در پایان سال ۱۴۰۲ به بیش از ۳۰ هزار هکتار افزایش یافته است. در سال ۱۴۰۲، سطح زیرکشت غیربارور و بارور گل محمدی در ایران به ترتیب ۹۲۵ و ۲۲۶۴۲ هکتار و میزان تولید آن ۴۶۲۲۰ تن بوده است. استان اصفهان بیشترین تولید این محصول (۱۱ هزار تن) را به خود اختصاص داده است و استان‌های فارس (۹.۲ هزارتن) و کرمان (۹.۷ هزار تن) در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند

ایران صادرکننده گل محمدی و فرآورده‌های آن از جمله اسانس، گل خشک و گلبرگ تازه محمدی و گلاب استحصالی از گل محمدی می‌باشد. شکل زیر میزان صادرات این محصولات را در سال ۱۴۰۳ نمایش می‌دهد.

کد تعرفه	شرح تعرفه	مقدار صادرات (تن)	ارزش صادرات (میلیون دلار)
۱۲۱۱۹۰۹۱	گل خشک و گلبرگ تازه محمدی	۵۰۸	۲.۴۳
۳۳۰۱۲۹۱۰	اسانس روغنی از گل محمدی	۰.۷	۰.۰۳
۳۳۰۱۹۰۱۱	گلاب استحصالی از گل محمدی	۲۰۷۸	۱.۶۱

شیرین بیان، دیگر عصاره گیاهی عمده کشور در صادرات است. با این حال مشکلات صنعت شیرین بیان ایران در چند سال اخیر موجب شده است این بخش علی‌رغم ارزآوری خوبی که برای کشور داشت، با افول شدید روبه‌رو شود که در صورت ادامه این روند صنعت شیرین بیان ایران با بحران حذف از بازارهای جهانی مواجه خواهد شد. کشورهای صادرکننده شیرین بیان در سال ۲۰۲۳ توانستند در مجموع ۱۶۹ میلیون دلار صادرات کنند که کشور ایران، در این سال بعد از کشور آلمان با ۱۲ میلیون دلار و سهم ۷.۱ درصدی از بازار بین‌المللی رتبه ششم را در سطح بین‌المللی به خود اختصاص داده است. این در حالی است که ایران در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ در دو سال متوالی رتبه نخست جهانی و در سال ۲۰۱۸ نیز رتبه دوم جهانی را به خود اختصاص داده بود.

بیشترین کارخانه‌های پودر و عصاره شیرین بیان در استان فارس با ظرفیت اسمی ۱۵.۲۱ هزار تن، کرمانشاه با ظرفیت اسمی ۶.۴۲ هزار تن و کهگیلویه و بویراحمد با ظرفیت اسمی ۱.۲ هزار تن است. صادرات پودر و عصاره شیرین بیان در سال ۱۴۰۳ به شرح زیر است:

کد تعرفه	شرح تعرفه	مقدار صادرات (تن)	ارزش صادرات (میلیون دلار)
۱۳۰۲۱۲۰۰	شیره و عصاره شیرین بیان	۴۹۶۴	۱۰.۵
۱۲۱۱۹۰۲۰	ریشه شیرین بیان	۶.۳۷	۰.۰۰۵

https://heiatelmi.ir

شرکت شیرین دارو در سال ۱۳۵۰ در حومه شیراز تأسیس و در سال ۱۳۵۵ به بهره برداری رسیده است. فرآورده‌های تولیدی این شرکت پودرعصاره شیرین بیان، عصاره جامد شیرین بیان و عصاره مایع شیرین بیان با درصدهای مختلف از مواد مؤثره متناسب با خواست مشتری بوده و بازار صادراتی آن کشورهای مختلف اروپایی، چین، کانادا، مصر، امارات متحده عربی و ... می‌باشد. سبد محصولات این شرکت به شرح زیر است.



شرکت صنایع فارس عصاره ایرانیان در سال ۱۳۹۵ جهت تولید فرآورده‌های شیرین بیان در شیراز تاسیس گردیده است. محصولات این شرکت، عصاره مایع با غلظت‌های مختلف از ۴۰ درصد تا ۷۰ درصد، عصاره جامد، پودرعصاره شیرین بیان، گرانول، عرق و تفاله شیرین بیان می‌باشد

۱۰-۳- غلیظ کننده‌ها و ژل کننده‌ها

بازار غلیظ‌کننده‌ها و ژل‌کننده‌های زیستی (پلی اکریل آمید، آگار، صمغ عربی، ژلاتین و ...) با ارزش ۷۰ میلیون دلار در جدول، نقش مواد هیدروکلوئیدی و پلیمری با منشأ طبیعی یا سنتز زیستی را در صنایع مختلف نمایان می‌سازد. آگار (پلی‌ساکارید استخراجی از جلبک‌ها)، صمغ عربی (صمغ طبیعی از درخت آکاسیا) و ژلاتین (پروتئین استخراجی از کلاژن حیوانی) نمونه‌های اصلی این گروه هستند که به‌عنوان عوامل ژل‌کننده و قوام‌دهنده در صنایع غذایی، دارویی، محیط کشت‌های میکروبی و آرایشی استفاده می‌شوند. این مواد به طور گسترده در تثبیت امولسیون‌ها و تنظیم ویسکوزیته محصولات دخالت دارند. پلی آکریل آمید نیز یک پلیمر سنتزی است که در تصفیه آب و پساب به‌عنوان منعقدکننده و در صنایع نفت و گاز استفاده می‌شود.

بازار جهانی این مواد به‌شدت تحت تأثیر منابع طبیعی و فناوری‌های استخراج است. صمغ عربی عمدتاً از کشورهای آفریقایی (مانند سودان و چاد) تأمین می‌شود، در حالی که تولید ژلاتین در مقیاس وسیع توسط شرکت‌هایی با دسترسی به مواد خام حیوانی انجام می‌گیرد. شرکت‌های جهانی مانند Alland & Robert و Gelita از فعالان اصلی هستند. در ایران، تولید ژلاتین حلال بر اساس موازین شرعی و تولید برخی صمغ‌های بومی (مانند صمغ کتیرا و صمغ بادام) وجود دارد. حجم بازار ۷۰ میلیون دلاری نشان‌دهنده تقاضای مستمر صنایع پایین‌دستی است و توسعه این بخش در ایران نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های

وب سایت هیات علمی

استخراج آگار از منابع دریایی و فرآوری صمغ‌های بومی با استانداردهای جهانی است.

واردات برخی از این غلیظ کننده‌ها به کشور در سال ۱۴۰۳ به شرح جدول زیر است.

کد تعرفه	شرح تعرفه	مقدار واردات (تن)	ارزش واردات (میلیون دلار)
۱۳۰۲۳۱۰۰	آگار	۷۰.۸	۱.۳۴
۱۳۰۱۲۰۰۰	صمغ عربی	۴۲۶	۳.۴
۳۵۰۳۰۰۹۰	ژلاتین	۱۲۳۴	۹.۷۲
۳۹۰۶۹۰۷۰	پلی آکریل آمید	۶۵۹۶۸۱	۱۳۶.۳
۳۸۰۶۳۰۰۰	صمغ‌های استر	۵۸۷	۲.۰۷
۱۳۰۱۹۰۹۰	سایرگم لاک، صمغ‌ها، رزین‌ها، صمغ‌های رزینی اولئورزین ها به صورت طبیعی غیر مذکور	۵۰۰	۲.۴۹

شـــرکت فرآوری دارویی ژلاتین حلال، به عنوان اولین و تنها تولیدکننده پودر ژلاتین در گریدهای غذایی و دارویی در ســـال ۱۳۸۷ تاســـیس گردید تا برای اولین بار در ایران ژلاتین از مواد خام ورودی تا تولید نهایی و حصـــول ژلاتین ۱۰۰ ٪ خالص و حلال واقعی تولید گردد. هم اکنون این مجموعه علاوه بر تولید ژلاتین برای مصـــارف کارخانجات داروســـازی و غذایی، با ارائه ژلاتین در بســته بندی‌های خانگی، مستقیماً و بدون واسطه ژلاتین‌های ٪۱۰۰ حلال و بدون شک و شـبهه را تولید و عرضـه نماید.



طبق گزارش سال ۲۰۲۰ شرکت IEA، بازار مشتقات آکریل آمید ۹۴۰۰۰ تن در سال با قیمت بازار ۳.۸۸ تا ۴.۱۰ دلار به ازای هر کیلوگرم اســـت. این مشـــتقات عبارتند از: پلی آکریل آمید و کومونومرهایی مانند اســـتایرن بوتادی ان لاتکس[1]، رزین‌های اکریلیک و سایر موارد.

سـه کشـور ژاپن، روسـیه و چین به ترتیب دارای حقوق کامل مالکیت معنوی تولید میکروبی آکریل آمید هسـتند. بسـیاری از تاسیسات صنعتی در سراسر جهان در ژاپن، روسیه، چین، فرانسه، کره و ایالات متحده ساخته شده است. تخمین زده می‌شود که تولید آکریل آمید در سال ۲۰۰۹ توسط بیوکاتالیز بیش از ۴۰۰ هزار تن در هر سال باشد.

در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر دگوسا در روسیه، شرکت‌های چینی نظیر شنگلی اویل فیلد[2]، هنگژو کمیکال[3]، داغینگ اویل فیلد[4] و چندین شرکت دیگر با حداقل ظرفیت ۲۵۰ هزار تن در سال، شرکت میتسوبیشی کمیکال[5] و نیتو[6] و میتسویی[7] در

1 Styrenebutadiene latex

2 Shandong Shengli Oilfield
3 Beijing Hengju Chemical Industry
4 Daqing Oilfield
5 Mitsubishi Chemical Corporation
6 NITTO CHEMICAL INDUSTRY CO.,LTD.
7 Mitsui Chemical

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ژاپن، شرکت پوسان[1] در کره‌ی جنوبی، باسف[2] در آلمان، شرکت اس ان اف[3] با بیش از ۱۱ واحد تولیدی در دنیا و تولید بیش از ۵۰٪ ظرفیت تولید اکریل آمید در دنیا (۱.۴ میلیون تن) در حال تولید این ماده‌ی استراتژیک هستند. شرکت اس ان اف با انتقال تکنولوژی از شرکت نیتو زاپن در سال ۱۹۹۹ اولین واحد تولید اکریل آمید خود را با ظرفیت ۲۰هزار تن را راه‌اندازی کرد.



شکل (۴۴-۳) واحد تولید اکریل آمید شرکت باسف

کد تعرفه پلی اکریل امید به‌صورت پودر جاذب و پلیمرهای اکریلیک جامد برابر با ۳۹۰۶۹۰۷۰ تعریف شده است. واردات این ماده در سال ۱۴۰۳ برابر با ۶۵۹ هزار تن به ارزش دلاری ۱۳۶ میلیون دلار بوده است.

در حال حاضر از پلی اکریل آمید در تصفیه‌خانه‌های کشور با نسبت حدود استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن ظرفیت حدود ۲ میلیارد مترمکعبی تولید پساب شهری در کشور، ظرفیت مصرف بالفعل این ماده در در صنعت پساب کشور حداقل ۱۰۰۰ تن خواهد بود. با در نظر گرفتن بخش‌های بازارهای بالفعل مختلفی نظیر گل حفاری و کرکینه‌ساز تصفیه‌خانه‌های آب و پساب برای این ماده می‌توان در نظر گرفت، حداقل حجم بازار بالقوه تقریبی برای آن در کشور حدود ۱۵هزار تن خواهد بود. با در نظر گرفتن بازارهای بالقوه‌ی کشاورزی و معدن و...، بازار حداقلی ۲۰ هزار تنی را می‌توان در نظر داشت. بازار صادراتی نیز از اولویت‌های توسعه بازار است که متناسب با کیفیت و نیاز بازار می‌توان راجع به آن تصمیم‌گیری کرد و ظرفیت را افزایش داد.

با توجه به عدم تولید این ماده در کشور و واردات قابل توجه این محصول به کشور، ظرفیت رسوخ فناوری‌های زیستی به بدنه‌ی صنعت نفت و پتروشیمی کشور برای بار اول در مقیاس وسیع، برنامه تولید پیش‌ماده‌ی مورد نیاز (اکریلونیتریل) در کشور، اهمیت توسعه‌ی صنایع پایین‌دستی پتروشیمی، قیمت نسبی بالای محصول تولیدی (قیمت هر تن اکریلونیتریل حدود ۱۱۰۰ دلار به ازای هر تن و قیمت هر تن اکریل آمید حدود ۱۵۰۰ دلار به ازای هر تن)، وجود بازار مناسب داخلی و صادراتی دلایل مناسبی بر ای تولید و سرمایه‌گذاری تولید محصول خواهد بود.

۳-۱۱- اسیدهای آلی

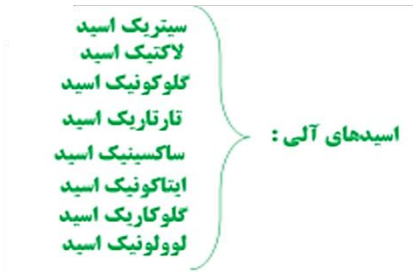
بازار اسیدهای آلی اصلی، شامل سیتریک اسید، لاکتیک اسید و گلوکونیک اسید، در جدول با ارزش ۹۰ میلیون دلار ثبت شده

1 Pusan
2 BASF
3 SNF Group

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

است. این بازار شامل اسیدهای زیر می‌باشد.



تولید صنعتی این اسیدها عمدتاً از طریق فرآیندهای تخمیر میکروبی قندها و نشاسته توسط سویه‌های قارچی (مانند *Aspergillus niger* برای سیتریک اسید) یا باکتریایی (مانند *Lactobacillus* برای لاکتیک اسید) انجام می‌گیرد و نمادی از بیوتکنولوژی سفید است. سیتریک اسید پرمصرف‌ترین اسید آلی است که به‌عنوان تنظیم‌کننده اسیدیته، نگهدارنده و عامل طعم‌دهنده در صنایع غذایی و نوشیدنی و همچنین در شوینده‌ها و داروسازی استفاده می‌شود. لاکتیک اسید در صنایع غذایی (لبنیات، مواد نگهدارنده) و همچنین در تولید پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر نظیر PLA اهمیت بالایی دارد. گلوکونیک اسید نیز یک عامل کیلیت‌کننده در شوینده‌های قلیایی و صنایع ساختمانی است.

بازار جهانی اسیدهای آلی، به‌ویژه سیتریک اسید و لاکتیک اسید، بازاری بالغ و روبه‌رشد است که تحت تسلط تولیدکنندگان آسیایی، به‌ویژه چین، قرار دارد. شرکت‌هایی نظیر Jungbunzlauer و Cofco از بازیگران کلیدی در سطح بین‌المللی هستند. در ایران، واحدهای تولید سیتریک اسید و لاکتیک اسید وجود دارند، اما تولید داخلی در حال حاضر نمی‌تواند پاسخگوی کل تقاضای بازار باشد و بخش قابل توجهی از نیاز از طریق واردات تأمین می‌گردد.

جدول زیر واردات اسیدهای آلی در سال ۱۴۰۳ را نمایش می‌دهد.

تعرفه	نام تعرفه	ارزش (میلیون دلار)	وزن (تن)
۲۹۱۸۱۱۰۰	اسید لاکتیک، املاح و استرهای آن	۲.۵۱	۱۲۵۶.۳
۲۹۱۸۱۲۰	اسید تارتریک	۰.۵۴	۲۱۰.۵
۲۹۱۸۱۳۰۰	املاح و استرهای اسید تارتریک	۰.۸۶	۱۹۹.۷
۲۹۱۸۱۴۰۰	اسید سیتریک	۱۶.۶۵	۱۶۹۷۷
۲۹۱۸۱۵۱۰	سدیم سیترات دی هیدرات گرید دارویی	۰.۳۴	۳۹.۵
۲۹۱۸۱۵۲۰	سدیم سیترات بدون آب گرید دارویی	۰.۰۰۴	۰.۱
۲۹۱۸۱۵۹۰	سایر املاح و استرهای اسید سیتریک غیر مذکور	۹.۶۶	۳۸۲۰.۲
۲۹۱۸۱۶۰۰	اسید گلوکنیک، املاح و استرهای آن	۲.۲۸	۱۷۸۱.۴
۲۹۱۵۵۰۰۰	اسید پروپیونیک، املاح و استرهای آن	۲.۰۱	۹۸۰

۱-۱۱-۳- سیتریک اسید

شرکت کشت و صنعت جوین، تنها تولید کننده سیتریک اسید درکشور با ظرفیت تولید ۱۰۰۰ تن در سال است. کارخانه سیتریک اسید کرمانشاه (واقع در شهرک صنعتی فرامان) در سال ۱۳۸۶ توسط شرکت «کیمیا ورزان مهر غرب – کیمیای غرب گستر» و با سرمایه‌گذاری شرکت سرمایه‌گذاری تامین اجتماعی با ظرفیت ۱۲ هزار تن در سال مبتنی بر خوراک ملاس چغندر قند با مشارکت شرکت خارجی راه‌اندازی شد، اما مدت زیادی نگذشته بود که دچار رکود و از مدار تولید خارج شد. در سال ۱۳۹۹ پس از ده سال مجدد افتتاح شد، اما هنوز هم به علت مشکلات مختلف مالی و فنی نتوانسته است عملکرد قابل‌توجهی داشته باشد. این شکرت در حال حاضر غیر فعال است. حدود ۱۶.۳ هزار تن سیتریک اسید به ارزش ۱۶ میلیون

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

دلار و ۳.۷ هزار تن املاح سیتریک اسید به ارزش ۹.۸۹ میلیون دلار به کشور وارد شده است. ارزش بازار ۹۰ میلیون دلاری نشان‌دهنده نقش حیاتی این مواد در صنایع متعدد و پتانسیل بالای بومی‌سازی فناوری‌های تخمیر پیشرفته برای تولید این مواد با قیمت رقابتی است.

۲-۱۱-۳- تارتاریک اسید

تارتاریک اسید در ایران به صورت وارداتی (بازاری حدود ۴۰۰ تن) موجود است و شرکت‌های مختلفی آن را برای مصرف در صنایع غذایی (مانند نوشیدنی‌ها، ژله‌ها و شیرینی‌پزی) و صنایع دیگر وارد می‌کنند. این ماده یک افزودنی غذایی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی است که طعم ترش متمایزی به مواد غذایی می‌بخشد و به‌طور طبیعی در میوه‌هایی مانند انگور وجود دارد. شرکت تولید کننده تارتاریک اسید در کشور وجود ندارد. یکی از روش‌های تولید تارتاریک اسید، استفاده از رسوبات و لجن‌های ته نشین شده در مخازن نگهداری آب انگور قرمز است که طی بررسی‌های صورت شده، در حال حاضر این لجن‌ها بدون هیچ گونه فراوری به صورت بالک به ترکیه صادر می‌شود.

۳-۱۱-۳- لاکتیک اسید

لاکتیک اسید، یکی از پرکاربردترین اسیدهای الی است. اسید لاکتیک کاربردهای فراوانی در صنایع غذایی (به‌عنوان طعم-دهنده، تنظیم‌کننده pH، نگهدارنده)، دارویی، آرایشی-بهداشتی، نساجی و همچنین به‌عنوان ماده اولیه برای تولید پلیمرهایی مانند پلی-لاکتیک اسید (PLA) دارد. با توجه به رشد صنایع غذایی، بسته‌بندی، آرایشی و مواد زیست‌تخریب‌پذیر، انتظار می‌رود تقاضای داخلی برای اسید لاکتیک نیز رو به افزایش باشد. واحد تولید لاکتیک اسید در کشور وجود ندارد و نیاز بازار (۱۲۵۷ تن) از طریق واردات تامین می‌شود.

۴-۱۱-۳- پروپیونیک اسید

پروپیونیک اسید به عنوان یک ترکیب شیمیایی که دارای خواص ضد میکروبی است، کاربردهای متعدّدی در صنایع مختلف دارد. در صنعت غذا، این ترکیب به‌عنوان نگهدارنده برای جلوگیری از رشد کپک‌ها و برخی باکتری‌ها در محصولات نانوایی، پنیر، کیک و سایر فرآورده‌های بسته‌بندی شده کاربرد دارد. در صنعت خوراک دام، اسید پروپیونیک و نمک‌های آن (مانند پروپیونات سدیم یا کلسیم) برای جلوگیری از فساد علوفه‌ها، غلات ذخیره شده و خوراک حیوانات به کار می‌رود. علاوه‌بر این، این ماده به عنوان واسط شیمیایی در تولید برخی پلیمرها (مثلاً استرهای پروپیونات)، در صنایع رنگ، نساجی، پلاستیک و در تولید داروها و ترکیبات آرایشی نیز استفاده می‌شود. این اسید، علی رغم دارا بودن بازار ۱۰۰۰ تنی در کشور، تولید داخلی نداشته و به واردات متکی می‌باشد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۵-۳) کاربردهای پروپیونیک اسید

۵-۱۱-۳- گلوکونیک اسید

گلوکونیک اسید یکی دیگر از اسیدهای در حال حاضر عمده نیاز گلوکونیک اسید کشور از طریق واردات تأمین می‌گردد. کد آیسیک محصولات بر پایه گلوکونیک اسید در کشور به شرح زیر است. گلوکونیک اسید، املاح و استرهای آن تحت کد تعرفه گمرکی ۲۹۱۸۱۶۰۰ وارد می‌شود. میانگین واردات گلوکونیک اسید کشور در ۵ سال اخیر برابر با ۱ هزار تن و ارزش دلاری ۱.۵ میلیون دلار بوده است. میانگین قیمت هر کیلو گلوکونیک اسید و املاح و استرهای وارداتی آن به کشور در ۵ سال اخیر (۱۴۰۲-۱۳۸۸) حدود ۱.۵۵ $/kg است. در سال ۱۴۰۳، مقدار تقریبی ۱.۷۵ هزار تن گلوکونیک اسید و مشتقات آن به ارزش ۲.۲ میلیون دلار وارد کشور شده است.

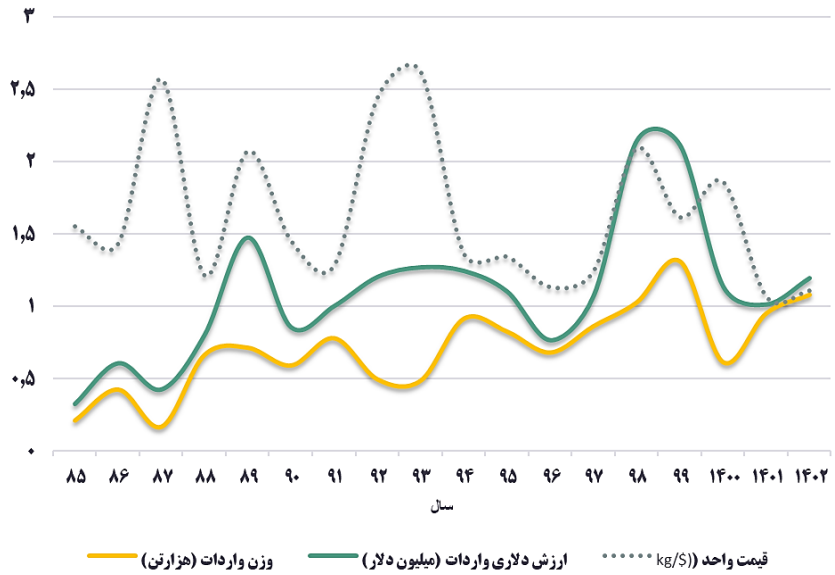
شکل زیر نمایش‌دهنده مقدار و ارزش دلاری واردات گلوکونیک اسید، املاح و استرهای آن در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ است. عمده گلوکونیک اسید واردات کشور از کشور چین تأمین می‌گردد. عمده کاربرد گلوکونیک اسید در ایران در صنعت ساختمان و به‌عنوان افزودنی بتن است.

طبق آمارنامه رسمی منتشر شده توسط سندیکای تولیدکنندگان مکمل‌های رژیمی غذایی ایران، زینک به‌صورت عمده در مکمل و مولتی‌ویتامین‌ها به‌صورت زینک گلوکونات استفاده شده است. بر طبق این آمار، در سال ۱۴۰۳ حدود ۲۳.۵ تن زینک گلوکونات در فرمولاسیون مکمل‌های تغذیه‌ای در کشور استفاده شده است. سایر نمک‌های گلوکونات مانند روی، فروس و کلسیم در مقیاس بسیار کمتر (در حد چند کیلوگرم) در فرمولاسیون مکمل‌ها وجود دارد. از طرف دیگر، کلسیم گلوکونات در تولید آمپول کلسیم گلوکونات (کالترکس) استفاده می‌شود. هر ۱۰ میلی‌لیتر آمپول کالترکس® حاوی ۰.۹۵ گرم کلسیم گلوکونات و ۰.۳۰ گرم کلسیم ساکارات (معادل با ۰.۵۰ گرم کلسیم گلوکونات) در محلول آبی استریل می‌باشد. این دارو عمدتاً (۷۷.۵۶٪) توسط لابراتوارهای شرکت سینا دارو تأمین می‌شود. شرکت نیکان فارمد ۲۲.۳۵٪، یاسین داروی فارس ۰.۰۶٪ و

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

درمان یاب آنا ۰.۰۳٪ از سهم بازار تأمین در کشور را دارند. بنابراین، می‌توان تخمین زد که از واردات ۱.۷ هزار تنی کشور، حدود ۰.۵ تن آن مربوط به کلسیم کربنات و ۲۴ تن آن مربوط به زینک گلوکونات می‌تواند باشد.



شکل (۴۶-۳) نمودار واردات گلوکونیک اسید، املاح و استرهای آن در بازه سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲

هم چنین شرکت شادرام شیمی کرمانشاه، گلوکونیک اسید را در دو گرید صنعتی و آزمایشگاهی تولید می‌کند. قیمت هر کیلو گلوکونیک اسید صنعتی این شرکت ۲۵۰ هزار تومان است. این شرکت از روش شیمیایی برای تولید محصولات گلوکونیک اسید خود استفاده می‌کند که معایب آن نسبت به روش زیستی در فصل دوم بیان شده است.

۳-۱۲- استارترها (لبنی، سیلاژ و ...)

بازار استارترها، با ارزش ۵۰ میلیون دلار در جدول، شامل مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌های انتخابی (معمولاً باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها) است که برای آغاز و هدایت فرآیندهای تخمیری صنعتی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. استارترهای لبنی (مانند کشت‌های ماست و پنیر) برای تولید محصولات تخمیری با ویژگی‌های حسی و بافتی مطلوب حیاتی هستند. استارترهای سیلاژ (عمدتاً باکتری‌های اسید لاکتیک) برای بهبود فرآیند تخمیر علوفه و حفظ ارزش غذایی آن برای خوراک دام استفاده می‌شوند. استارترهای کمپوست و ربتر (برای تخمیر رب گوجه فرنگی) نیز فرآیندهای تجزیه مواد آلی و تولید محصول نهایی را بهینه می‌سازند.

استارترهای لبنی عمدتاً از باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) تشکیل شده‌اند که قند شیر (لاکتوز) را به اسید لاکتیک تبدیل می‌کنند. مهم‌ترین گونه‌ها بر اساس نوع محصول به شرح زیر هستند:

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۱۶-۳) استارترهای لبنی

نوع محصول	گونه‌های تجاری مهم
ماست	*Streptococcus thermophilus*
	Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus
انواع مختلف پنیر	*Lactococcus lactis subsp. lactis*
	Lactococcus lactis subsp. cremoris
	Lactobacillus casei / paracasei
محصولات پروبیوتیک	*Bifidobacterium spp.*
	Lactobacillus acidophilus
کره و خامه ترش	*Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis*
	Leuconostoc spp. (

در فرآیند سیلاژسازی نیز عمدتاً از باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) به عنوان تلقیح کننده (Inoculant) استفاده می‌شود تا تخمیر سریع‌تر و کارآمدتر انجام شده و علوفه حفظ شود.

جدول (۱۷-۳) استارترهای سیلاژ

هدف اصلی	گونه‌های مهم تجاری
تخمیر سریع و تولید لاکتیک اسید	*Lactobacillus plantarum*
	Pediococcus spp.
بهبود پایداری هوازی (تولید استیک اسید)	*Lactobacillus buchneri*

شرکت‌های زیر از بزرگ‌ترین و شناخته شده‌ترین تولیدکنندگان جهانی کشت‌های استارتر (Starter Cultures) برای صنایع غذایی (به ویژه لبنیات) و تلقیح کننده‌های سیلاژ (Silage Inoculants) هستند.

جدول (۱۸-۳) شرکت‌های عمده تولید کننده استارترهای لبنی و سیلاژ

شرکت	کشور	حوزه تخصصی
Chr. Hansen	دانمارک	استارترهای لبنی و غذایی، پروبیوتیک‌ها، تلقیح کننده‌های سیلاژ
Danisco (DuPont / IFF)	آمریکا	استارترهای لبنی و غذایی، آنزیم‌ها، پروبیوتیک‌ها
DSM / Royal DSM	هلند	استارترهای لبنی و غذایی، مواد مغذی و بیوتکنولوژی
Lallemand	کانادا	استارترهای نانوایی، نوشیدنی، تلقیح کننده‌های سیلاژ (بخش سلامت دام)
Sacco System	ایتالیا	استارترهای لبنی، پنیر و فرآورده‌های پروبیوتیک
Soyuzsnab (Zelenye Linii)	روسیه	استارترهای لبنی و مواد اولیه صنایع غذایی
Optiferm	آلمان	آنزیم‌ها و استارترهای صنایع غذایی و لبنی

این بخش یک حوزه تخصصی و دانش‌بنیان در زیست‌فناوری است که مستلزم بانک‌های میکروبی دقیق و فناوری‌های تولید کشت‌های باکتریایی در مقیاس صنعتی است. شرکت‌های بین‌المللی نظیر Chr. Hansen و DuPont Danisco در این عرصه رهبران جهانی هستند. در ایران، شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز تحقیقاتی متعددی در زمینه تولید استارترهای لبنی و اخیراً استارترهای کشاورزی و دامپروری فعال شده‌اند. حجم بازار ۵۰ میلیون دلاری، بر لزوم توسعه سویه‌های بومی مناسب برای شرایط آب و هوایی و محصولات داخلی و همچنین ارتقاء کیفیت تولید به سطوح جهانی برای کاهش واردات تأکید می‌کند. این حوزه به طور مستقیم با امنیت غذایی و کیفیت محصولات لبنی و کشاورزی در ارتباط است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۱۲-۳- استارتر لبنی

استارترکالچرها سلول‌های زنده‌اند که به مواد غذائی جهت شروع تخمیر اضافه می‌شوند. صنعت لبنیات بزرگ‌ترین مصرف کننده استارترها در کشور است و تامین آن نیازمند واردات می‌باشد. ارزش جهانی بازار استارترهای لبنی در سال ۲۰۲۳ معادل ۱.۲ میلیارد دلار بوده است که این رقم تا سال ۲۰۳۳ به حدود دو برابر افزایش می‌یابد. حجم بازار استارتر کشور ۱۰ هزار میلیارد ریال برآورد می‌شود[۳].

به بیان رئیس پژوهشکده بیوتکنولوژی صنایع غذایی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، حجم واردات استارترهای صنایع لبنی به کشور، بالغ بر ۴۰ میلیون دلار است و این در حالی است که در دنیا تنها ۱۲ شرکت تولید کننده استارترهای صنایع لبنی هستند که اکثر این شرکت‌ها به علت تحریم‌ها در داخل کشور فعالیتی ندارند[۴]. در ایران بالغ بر ۲ تا ۳ هزار نوع ماست داریم و تولید استارترهای لبنی یکی از پروژه‌های بزرگ تعریف شده در معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری بوده است. سالانه بیش از ۷۰ تن انواع استارتر لبنی وارد کشور می‌شود و این فرآورده بسیار حساس است. میزان شیری که برای این حجم استارتر استفاده می‌شود، بسیار زیاد است و اگر فرآورده استارتر درست عمل نکند، شیری که با قیمت بالا خریداری شده به محصول مناسب لبنی تبدیل نمی‌شود و در نتیجه خسارت سنگینی به شرکت‌های لبنی وارد می‌شود. به همین دلیل باید استارتری مورد استفاده قرار بگیرد که بهترین بافت و طعم را بتوان از آن گرفت[۵]. شرکت زیست تخمیر استارترهای لبنی در کشور تولید میکند. هم چنین رئیس پژوهشکده بیوتکنولوژی صنایع غذایی در مرداد ۱۴۰۴ از موفقیت این مجموعه در بومی‌سازی استارترهای لبنی و پایان واردات ۴۰ میلیون دلاری این محصولات راهبردی خبر داده است.

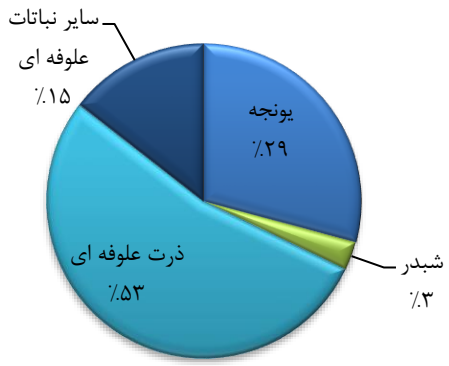
۳-۱۲-۳- استارتر سیلاژ

خوراک دام (سبک و سنگین) دو بخش اصلی علوفه و پروتئین را شامل می‌شود. به‌عنوان‌مثال از ۳۰ کیلوگرم جیره روزانه گاو شیری، ۲۵ کیلوگرم آن را علوفه تشکیل می‌دهد. بنابراین علوفه یکی از مهم‌ترین پایه‌های خوراک دام را تشکیل می‌دهد.

نیاز سالانه کشور ۳۲ میلیون تن علوفه، ۱۵ میلیون تن بقایای زراعی و ۱۸ تا ۲۰ میلیون تن نهاده‌هایی مانند ذرت، کنجاله سویا و سایر کنجاله‌ها برای مصرف صنعت دام و طیور است که این نیاز، با توجه به افزایش تولید چهار محصول استراتژیک شیر، گوشت، مرغ و تخم‌مرغ، متناسب با رشد جمعیت کشور و به‌تبع آن افزایش جمعیت دامی بیشتر خواهد شد[۶]. بخش عمده علوفه تولیدشده در کشور از ذرت علوفه‌ای، یونجه و شبدر است. سایر منابع مانند سورگوم، کوشیا، خارشتر، شلغم علوفه‌ای، چغندر علوفه‌ای و ... به میزان پراکنده و بسیار کم کشت‌شده‌اند. ذرت علوفه‌ای، یونجه و شبدر به ترتیب ۵۳٪ و ۲۹٪ و ۳٪ از تولید نباتات علوفه‌ای کشور را به خود اختصاص داده‌اند. سایر نباتات نام‌برده شده به‌جز شبدر حدود ۱۵٪ از کل تولید نباتات علوفه‌ای را تشکیل می‌دهد.

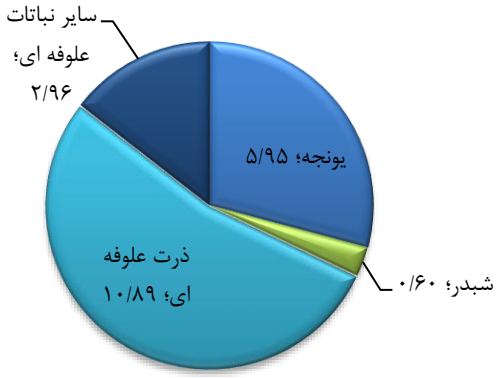
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۷-۳) میانگین درصد تولید هر یک از نباتات علوفه‌ای طی سال‌های ۵۷ تا ۹۹ (میلیون تن)

به‌طورمعمول در ایران سیلاژها با گیاه ذرت چاپر شده که شامل ساقه، برگ و بلال است، تهیه می‌گردد. سیلوی ذرت به‌عنوان خوراک دام‌های سبک و سنگین در کشور استفاده می‌شود. ذرت علوفه‌ای عمده‌ترین گیاه علوفه‌ای برای سیلاژ در کشور است. طبق بیان درگاه ملی آمار، در طی سال‌های ۵۷ تا ۹۹، میانگین تولید ذرت علوفه‌ای کشور ۱۰/۸۹ میلیون تن بوده است. ذرت علوفه‌ای به‌طور میانگین ۸۶/۳۲٪ از میزان تولید نباتات علوفه‌ای را به خود اختصاص داده است.

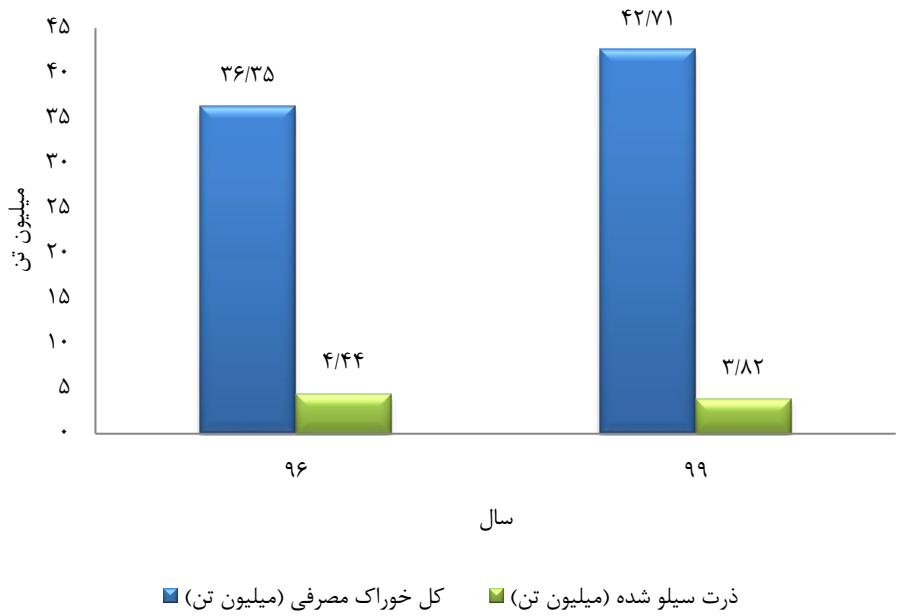


شکل (۴۸-۳) میانگین میزان تولید هر یک از نباتات علوفه‌ای طی سال‌های ۵۷ تا ۹۹ (میلیون تن)

نمودار زیر نمایش‌دهنده مقادیر ذرت علوفه‌ای و کل خوراک دام استفاده‌شده در سال‌های ۹۶ و ۹۹ است. با توجه به شکل، حدود ۱۰٪ از کل خوراک مصرفی دام کشور توسط سیلاژ تولید می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۹-۳) مقدار مصرف ذرت سیلو شده و کل خوراک مصرفی دام‌های سنگین و سبک کشور در سال‌های ۹۶ و ۹۹

ذرت سیلو شده یکی از منابع مهم خوراک دام سنگین در کشور است. در سال ۹۹، دام سنگین و سبک به ترتیب ۳/۳۷ و ۰/۴۵ میلیون تن ذرت سیلو شده مصرف نموده‌اند. از این میان، سهم سیلاژ ذرت در خوراک دام سنگین بسیار بیشتر از دام سبک است. به‌طور میانگین ۸۸/۸۸٪ از ذرت سیلو شده توسط دام سنگین و مابقی توسط دام سبک استفاده می‌شود. علاوه بر ذرت، نباتات علوفه‌ای دیگری مانند یونجه، شبدر و ... نیز سیلاژ می‌گردند. بااین‌وجود به دلیل بیان نشدن صریح این منابع به‌عنوان منابع اصلی علوفه، مقدار استفاده آن در کشور اندک است. اصلی‌ترین علوفه سیلاژی در کشور، ذرت است.

از ۱-۲ گرم استاتر کالچر سیلاژ برای هر تن زیست توده استفاده می‌شود. بنابراین نیاز کشور به استاتر سیلاژ حدود ۸ تن تخمین زده می‌شود.

۳-۱۳- خمیر مایه و عصاره مخمر

بازار خمیر مایه و عصاره مخمر با ارزش ۲۱۰ میلیون دلار در جدول، یکی از بزرگ‌ترین زیربخش‌های زیست‌فناوری صنعتی کشور را نشان می‌دهد. خمیر مایه (معمولاً سویه‌های *Saccharomyces cerevisiae*) محصول تخمیر و تکثیر کنترل‌شده سلول‌های مخمر در محیط کشت قندی است و کاربرد اصلی آن در صنایع نانوایی برای ورآوردن خمیر و تولید عطر و طعم است. عصاره مخمر، که از هیدرولیز و شکستن سلول‌های مخمر به‌دست می‌آید، غنی از اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها و ویتامین‌های گروه B است و به‌عنوان بهبوددهنده طعم طبیعی (Taste Enhancer) و عامل غذایی در صنایع غذایی و فرمولاسیون محیط‌های کشت میکروبی استفاده می‌شود. هم چنین مخمر (کاربرد به عنوان SCP و پروبیوتیک) و مشتقات آن (دیواره سلولی، عصاره مخمر، بتاگلوکان، مانان و ..) یکی از اصلی‌ترین مواد مورداستفاده در خوراک دام است.

صنعت تولید خمیر مایه یک صنعت بالغ با فناوری بالا است که شرکت‌های بزرگی مانند Lesaffre، Lallemand، Angel Yeast

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

و AB Mauri رهبری آن را بر عهده دارند.

ایران بعنوان قطب منطقه‌ای، تأمین‌کننده خمیرمایه کشـــورهای همســـایه که ارزش این ماده پر فلیده را بیشـــتر از خودمان می‌دانند شناخته می‌شود. هم اکنون هشت کارخانه در کشور با ظرفیت تولید حدود ۴۵۰۰۰ تن موجود است. باتوجه‌به تعطیلی کارخانه‌های ایران مایه و نیمه‌فعال بودن شـرکت‌های لرسـتان، چهارمحال و بختیاری و خمیرمایه برتر، تنها ۴ شـرکت (ایران ملاس، رضوی، خراسان و رازی) با تولید بالغ بر ۳۸.۰۰۰ تن در حال فعالیت هستند. کارخانه‌های فعلی با صد در صد ظرفیت خود در حال تولید هستند ولی متاسفانه باید گفت محصولات پر ارزششان در بازار داخل کمتر قدر شناخته می‌شود و بازارهای خارجی اقبال بیشـتری به این محصـول دارند. خمیرمایه تولیدی در کارخانجات خمیرمایه با دو گرید مختلف صـنعت غذای انسان و خوراک دام تولید می‌شود.

جدول (۱۹-۳) تولیدکنندگان خمیرمایه کشور

شرکت	نام برند محصول	مکان
ایران مایه (از اواخر سال ۹۹ تعطیل)	گل مایه	تهران، آذربایجان شرقی
ایران ملاس	فریمان /کاراتوس	خراسان رضوی
خمیرمایه رضوی	رضوی / عالیمایه	خراسان رضوی
خمیرمایه خوزستان	دز مایه	خوزستان
خمیرمایه و الکل رازی	ناب مایه / دانیال	خوزستان
خمیرمایه چهارمحال بختیاری (نیمه‌فعال)	کلارمایه	چهارمحال بختیاری
خمیرمایه لرستان (نیمه‌فعال)	صفا مایه	لرستان
خمیرمایه برتر (کرمانشاه سابق)	خمیرمایه برتر	کرمانشاه

همواره ظرفیت صـادرات خمیرمایه بیش از واردات آن بوده اسـت. بزرگ‌ترین مقاصـد صـادراتی خمیرمایه‌ی تولید شـده در ایران در سـال ۱۴۰۳ کشـورهای عراق، افغانسـتان، پاکسـتان، ترکیه، لبنان، سـوره و چند کشـور دیگر بوده اسـت. با این حال، تولید عصاره مخمر و سویه‌های تخصصی‌تر، هنوز نیازمند توسعه فناوری بیشـتری است. ارزش بازار ۲۱۰ میلیون دلاری نشان‌دهنده مصـرف بالای محصـولات نانوایی و صـنایع غذایی وابسـته به این مواد اسـت. توسـعه این بخش می‌تواند از طریق بهینه‌سـازی فرآیندها برای کاهش مصرف انرژی و تولید سویه‌های بومی مقاوم به تنش‌های محیطی و همچنین گسترش تولید عصاره مخمر با کیفیت صادراتی دنبال شود.

یکی از مشـتقات مهم مخمر که بازار گسـترده‌ای دارد و بسـیار موردتوجه اسـت، عصـاره‌ی مخمر اسـت. به زبان سـاده عصـاره‌ی مخمر محتویات داخل سـلول مخمر اسـت که به‌صـورت پودری عرضـه می‌شـود. در فرایند تولید عصـاره‌ی مخمر بسـته به نوع فراوری سـه نوع محصـول ممکن اسـت تولید شـود. محصـول اول مخلوط دیواره‌ی سـلولی مخمر و محتویات سـلول اسـت. این محصول بعد از شکستن دیواره‌ی سلولی و خشک‌کردن پدید می‌آید. محصول دوم عصاره‌ی مخمر جدا شده از دیواره‌ی سلولی است که پس از شکست دیواره سلولی، بعد از عبور از فرایند جداسازی، محصول موردنظر حاصل می‌شود. محصول سوم نیز دیواره‌ی سـلولی مخمر اسـت که ماده‌ی جدا شـده از محتویات داخل سـلول اسـت. محصـول اول و دوم به‌عنوان طعم‌دهنده به خوراک دام اضافه می‌شود. زیرا عصاره‌ی مخمر بوی گوشت در خوراک ایجاد می‌کند و این بو باعث افزایش اشـتها و میل به غذا در دام، طیور و آبزیان می‌گردد. محصـول سـوم که دیواره‌ی سـلولی مخمر اسـت، هم نقش پری‌بیوتیکی و هم نقش توکسـین بایندر دارد. ظرفیت دقیق برای بازار عصـاره‌ی مخمر نمی‌توان بیان داشـت. اما با درنظرگرفتن مصـاحبه‌های نخبگانی هم اکنون

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

حداقل ۱۰۰۰ تن سالیانه در بازار مشتری آمادهٔ پرداخت وجود دارد و حد پتانسیل بازار بیش از ۱۰ هزار تن است. شرکت‌های زیر در حوزه‌ی تولید عصاره‌ی مخمر فعال هستند.

جدول (۲۰-۳) شرکت‌های فعال در حوزه عصاره مخمر

نام شرکت	محصول	استان
بهان کیمیا آنزیم	دیواره سلولی مخمر، عصاره مخمر	اصفهان، همدان
سورن تک توس	مخلوط دیواره سلولی و محتویات سلول مخمر	خراسان رضوی
تالی ژن پارس	مخلوط دیواره سلولی و محتویات سلول مخمر	اصفهان
کاوشگر سپهر جوان	دیواره سلولی مخمر، عصاره مخمر	خوزستان
آکام فراورده‌های بهمن آراد	مخلوط دیواره سلولی و محتویات سلول مخمر	تهران
صنایع غذایی گلشاد مشهد	عصاره مخمر	خراسان
تک ژن	دیواره سلولی مخمر	تهران

۱۴-۳- ویتامین‌ها

بازار ویتامین‌های صنعتی نظیر ویتامین C (آسکوربیک اسید) و ویتامین E، با ارزش ۷۰ میلیون دلار، یکی از مهم‌ترین بخش‌های بیوداروها و مکمل‌های غذایی را تشکیل می‌دهد. تولید صنعتی ویتامین C عمدتاً از طریق فرآیند چند مرحله‌ای ریل اشتاین (Reichstein) یا فرآیندهای ترکیبی شیمیایی-زیستی (فرآیند تخمیری دو مرحله‌ای) صورت می‌گیرد. این ویتامین یک آنتی‌اکسیدان ضروری و ماده فعال در صنایع دارویی، غذایی و مکمل‌ها است. ویتامین E نیز به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، در صنایع غذایی (نگهدارنده)، دارویی و آرایشی-بهداشتی کاربرد دارد و می‌تواند از منابع طبیعی (مانند روغن‌های گیاهی) استخراج یا به صورت مصنوعی تولید شود.

بازار جهانی ویتامین‌ها، به‌ویژه ویتامین C، تحت سلطه انحصاری کشورهای آسیایی نظیر چین قرار دارد که تولیدکنندگان بزرگ با ظرفیت بسیار بالا هستند. در ایران، با وجود تلاش‌ها و نیاز بالای بازار، تولید صنعتی ویتامین‌های پایه مانند C و E در مقیاس وسیع و رقابتی هنوز توسعه نیافته است و بخش عمده‌ای از مصرف این مواد از طریق واردات تأمین می‌شود. ارزش بازار ۷۰ میلیون دلاری، نشان‌دهنده تقاضای بالای بخش سلامت و تغذیه برای این ریزمغذی‌ها است. برای کاهش این وابستگی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های فرآوری و سنتز زیستی (مانند تخمیر گلوکز برای ویتامین C) و همچنین استخراج ویتامین E از پسماندهای روغن‌های گیاهی ضروری است.

مهم‌ترین امر برای دستیابی به بالاترین سطح عملکرد و بهداشت در پرورش دام طیور و آبزیان استفاده از یک جیره بالانس می‌باشد یکی از عمده مشکلات در پرورش بالانس نبودن جیره غذای و در پی آن کمبود ویتامین هاست ویتامین‌ها و مواد معدنی از مهم‌ترین اجزاء جیره حیوانات پرورشی محسوب گردیده و در صورت بالانس نبودن جیره حیوان دچار کمبود خواهد شد ویتامین‌ها اهمیت زیادی در حفظ سلامت و عملکرد اکثر موجودات زنده دارند به خوبی مشخص شده است که کمبود ویتامین‌ها سبب بروز نابسامانی در سیستم ایمنی بدن می‌شود در پرورش دام طیور و آبزیان به صورت صنعتی از آنجایی که منبع تغذیه‌ی آنها تنها همان خوراکی است که توسط پرورش دهنده عرضه می‌شود لازم است بالانس ویتامینی در جیره به منظور جلوگیری از بیماری و همچنین افزایش عملکرد لحاظ گردد. این امر به معنای آن است که تمامی ویتامین‌ها اعم از

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محلول در آب (تیامین یا ب ۱ ربیوفلاوین یا ب ۲ اسـید پانتوتینیک، نیاسـین، کولین ویتامین ب ۱۲ فولیک اسـید بیوتین و محلول در چربی) ویتامین د ویتامین ای ویتامین کا ویتامین (۱) باید برای دام طیور و آبزیان در خوراک دهی گنجانده شـود. در کشور ما طبق بررسی‌های صورت گرفته عموم ویتامین‌ها وارداتی بوده و پس از واردات برخی کارخانجات با فرموله و ترکیب کردن این ویتامین‌ها پودرهای مخلوط در خوراک را به کارخانجات تولید خوراک و یا سـایر خریداران تحویل می‌دهد. واحدها ویتامین کشـور به کار بازرگانی مشـغول بوده و فعالیتی در عرصـه‌ی تولید ویتامین ندارند. تخمین نیاز کشـور به ویتامین کار دشـواری اسـت اما طبق مصـاحبه‌های صـورت گرفته با فعالان این حوزه میزان حداقل ۸۰۰ تن سـالانه انواع ویتامین‌ها غیر از کولین کلراید و ویتامین ای در کشور نیازمندیم. جدول زیر واردات انواع ویتامین‌ها به کشور را نمایش می‌دهد.

جدول (۲۱-۳) واردات ویتامین کشور در سال ۱۴۰۳

تعرفه	نام تعرفه	وزن (تن)	ارزش (میلیون دلار)
۲۹۳۶۲۱۰۰	ویتامین‌های A و مشتقات آن‌ها، مخلوط نشده	۲۳۸	۱۱.۹
۲۹۳۶۲۲۱۰	ویتامین B1 (تیامین هیدروکلراید) تیامین منونیترات مخلوط نشده	۲۲۳	۷.۰۷
۲۹۳۶۲۲۹۰	سایر مشتقات ویتامین B1 مخلوط نشده	۲۲.۵	۲.۶۷
۲۹۳۶۲۳۰۰	ویتامین B 2 و مشتقات آن، مخلوط نشده	۲۲۲.۰۷	۶.۵۲
۲۹۳۶۲۴۰۰	اسید D-یا DL-پانتوتنیک (ویتامین b3یا b5) و مشتقات آن‌ها مخلوط نشده	۵۵۰.۷۵	۱۰.۰۲
۲۹۳۶۲۵۰۰	ویتامین۶ B ، مشتقات آن، مخلوط نشده	۱۰۹.۸۴	۳.۰۸
۲۹۳۶۲۶۰۰	ویتامین۱۲ B و مشتقات آن، مخلوط نشده	۶۷.۵۳	۳.۵۱
۲۹۳۶۲۷۰۰	ویتامین C و مشتقات آن، مخلوط نشده	۱۴۱۶.۴۳	۷.۹۸
۲۹۳۶۲۸۱۰	ویتامین E و مشتقات آن به صورت روغنی با خلوص حداقل ۹۰٪	۳۱۲.۰۰	۶.۹۸
۲۹۳۶۲۸۲۰	ویتامین E و مشتقات آن به صورت پودر با خلوص ۵۰ تا ۵۵٪	۲۱۵۱.۵۷	۲۸.۲۲
۲۹۳۶۲۸۹۰	سایر ویتامین E و همچنین مشتقات آن که به مصرف می‌رسد	۰.۵۵	۰.۰۰۷
۲۹۳۶۲۹۹۰	سایر ویتامین‌ها و مشتقات آن‌ها مخلوط نشده غیر مذکور در جای دیگر	۸۴۵.۸۳	۳۱.۳۱
۳۰۰۴۵۰۲۱	سایر داروها دارای ویتامین یا سایر محصولات شماره ۲۸۳۶ مورد مصرف دامپزشکی دارای تولید داخل مشابه	۳۲۸.۰۲	۳.۱۹
۳۰۰۴۵۰۲۲	سایر داروها دارای ویتامین یا سایر محصولات شماره ۲۸۳۶ مورد مصرف دامپزشکی	۸۰.۹۴	۰.۹۹
۲۹۱۴۶۲۰۰	کوآنزیم Q10 (آبید کارتون) (INN)	۷.۸	۲.۱۸
	مجموع	۶۵۷۷	۱۲۵.۶۶

۳-۱۵- آنزیم‌ها

آنزیم‌ها در صنایع مختلف، نقش قابل توجه و غیر قابل انکاری داشته و یکی از حوزه‌های پر مصرف می‌باشند. آنزیم‌ها را می‌توان بر حسب صـنعت مورد اسـتفاده در آن دسـته بندی نمود. شـکل زیر نمایش دهنده صـنایع مختلف اسـتفاده اکننده از آنزیم و آنزیم‌های پرکاربرد در هر صنعت می‌باشد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

آنزیم :
- صنایع لبنی: کیموزین (رنت)، لاکتاز، گالاکتوزیل ترنسفراز، ترنس‌گلوتامیناز
- صنایع نوشیدنی: گلوکوزاکسیداز، کاتالاز، زایلاناز، پکتیناز
- صنایع تخم‌مرغ: فسفولیپاز، لیپاز، گلوکوزاکسیداز، کاتالاز
- صنایع نشاسته: آلفاآمیلاز، گلوکوآمیلاز، اینورتاز، گلوکز ایزومراز
- صنایع الکل: سلولاز، همی‌سلولاز، لیگنیناز، آلفاآمیلاز، گلوکوآمیلاز
- صنایع پری‌بیوتیک: فروکتوسیل ترنسفراز، گالکتوسیل‌ترانسفراز
- صنایع فراورده‌های پروتئینی: ترنس‌گلوتامیناز، پروتئاز
- صنایع طعم‌دهنده و مشتقات مخمر: پروتئاز، ماناز، نوکلئاز
- صنایع خوراک دام: فیتاز، مولتی‌آنزیم کربوهیدراتاز
- صنایع شوینده: سلولاز، لیپاز، آمیلاز، پروتئاز
- صنایع نساجی: سلولاز
- صنایع روغن: لیپاز، فسفولیپاز
- صنایع نان: پروتئاز، آمیلاز، فسفولیپاز
- گندزدایی: نوکلئاز، گلوکاناز، زایلاناز، پروتئاز، گلایکوزید هیدرولاز، ماناز
- صنعت قند: دکسترانیاز

بازار آنزیم‌های صنعتی، با ارزش ۶۰ میلیون دلار در جدول، نشان‌دهنده اهمیت روزافزون کاتالیزورهای زیستی در بیوتکنولوژی سفید است. آنزیم‌ها، پروتئین‌های تخصصی هستند که واکنش‌های شیمیایی را با گزینش‌پذیری بالا و تحت شرایط ملایم سرعت می‌بخشند. آنزیم‌های اصلی صنعتی شامل آمیلازها (در صنایع نان و نشاسته)، پروتئازها (در شوینده‌ها، چرم و داروسازی)، لیپازها (در شوینده‌ها و بیودیزل)، و سلولازها (در نساجی و فرآوری بیومس) هستند. تولید این آنزیم‌ها عمدتاً از طریق فرآیندهای تخمیر میکروبی توسط سویه‌های باکتریایی یا قارچی در بیوراکتورها صورت می‌گیرد.

بازار جهانی آنزیم‌های صنعتی یک بازار تخصصی است که تحت سلطه شرکت‌های پیشرو در بیوتکنولوژی نظیر Novozymes، DuPont Danisco و BASF قرار دارد که دارای بانک‌های بزرگ از سویه‌های میکروبی و فناوری‌های مهندسی پروتئین هستند. در ایران، شرکت‌هایی مانند شرکت آنزیم‌های صنعتی ایران و برخی شرکت‌های دانش‌بنیان دیگر در زمینه تولید آنزیم‌های مورد نیاز صنایع لبنی (مانند مایه پنیر) و برخی آنزیم‌های کاربردی در صنایع شوینده و غذایی فعال هستند. با این حال، بخش عمده آنزیم‌های تخصصی مورد نیاز صنایع نساجی، نشاسته و خوراک دام وارداتی است. ارزش بازار ۶۰ میلیون دلاری، بر لزوم توسعه فرآیندهای تولید آنزیم‌های بومی با ویژگی‌های عملکردی مناسب برای شرایط صنعتی داخلی تأکید می‌کند تا وابستگی به واردات آنزیم‌های پرمصرف کاهش یابد.

برخی از آنزیم‌هایی که در طول چند سال گذشته استفاده شده و یا دارای پتانسیل برای استفاده در صنعت خوراک بودند شامل سلولاز، بتاگلوکاناز، زایلا ناز، فیتاز، پروتئاز، لیپاز و گالاکتوسیداز است. اخیراً علاقه قابل توجهی در استفاده از فیتاز به عنوان یک افزودنی خوراکی نشان داده شده است چون نه تنها سبب افزایش قابلیت دسترسی فسفر گیاهان در بدن دام طیور و آبزیان می‌گردد بلکه باعث کاهش آلودگی محیط زیست نیز می‌گردد. چرا که در صورت عدم استفاده از فیتاز باید مکمل‌های دارای فسفر عنصری به خوراک اضافه گردد و مصرف این مکمل‌ها منجر به بالا رفتن شاخصهای آلایندگی فسفری پسماند واحدهای پرورش گردد. در حال حاضر چند آنزیم دیگر در صنعت خوراک مورد بررسی قرار گرفته است که شامل پروتئاز به منظور افزایش هضم پروتئین لیپاز برای افزایش هضم چربی بتاگلوکاناز برای خنثی کردن فاکتورهای ضد تغذیهای در مواد خوراکی غیر از غلات و آمیلاز برای کمک به هضم نشاسته می‌باشند تلاش‌های متعددی در راستای خودکفایی در تولید آنزیم در کشور صورت گرفته است که نتایج مطلوبی را به همراه نداشته است. در حال حاضر یک شرکت دانش بنیان اقدام به تولید صنعتی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

آنزیم‌های مختلف کرده است. طی مصاحبه‌های مختلف با اعضای این شرکت به این جمع بندی حاصل شد که هم اکنون این شرکت کناسنتره آنزیمی وارد می‌کند و می‌فروشد همزمان برای توسعه‌ی سویه‌ی تولید کننده‌ی فیتاز تلاش‌های گسترده‌ای انجام شده است اما از لحاظ قیمتی توان رقابت با سویه‌ی خارجی را نداشته است میزان مصرف سالانه‌ی آنزیم فیتاز در صنعت طیور به تنهایی ۵۰۰ تن در سال است. این میزان برای کل صنعت را می‌توان تا ۱۸۰۰ تن تخمین زد. بازار آنزیم‌های اساسی فیتاز، بتازایلاناز، پروتئاز، بتاگلوکلناز خوراک دام طیور آبزیان را می‌توان بیش از ۴۰۰ میلیارد تومان تخمین زد چالش اصلی کشور در حوزه‌ی تولید محصولات تخمیری نظیر جدول زیر فعالیت‌های صورت گرفته در حوزه‌ی آنزیم کشور را نشان می‌دهد. در سال ۱۴۰۳ حدود ۲۲۰۰ تن آنزیم آماده با ارزش ۳۰ میلیون دلار وارد شده است.

بر اساس داده های منتشر شده توسط گزارش "بررسی وضعیت کشور در حوزه خوراک و افزودنی دام، طیور و آبزیان و پیشنهاد پروژه های مرتبط در راستای امنیت غذایی" ستاد زیست فناوری ظرفیت نیاز بازار کشور در آنزیم جمعا ۵۶۰۰ تن است. از این میان آنزیم های شوینده ۲۵۰۰ تن، آنزیم های صنعت مشتقات نشاست مشتقات (مالتودکسترین، گلوکز، فروکتور ...) ۸۰۰ تن، نشاسته مولتی آنزیم خوراک دام ۵۰۰ تن، فیتاز خوراک دام، طیور و ایزیان ۵۰۰ تن، آنزیم های صنعت کنسانتره (پکتیناز، سلولاز،...) ۲۰۰ تن، لاکتاز صنعت شیر ۱۵۰ تن، صنعت نان ۱۰۰ تن و پروتئاز صنعت غذا و کودو چرم ۵۰ تن در کشور بازار دارند.

جدول (۲۲-۳) فعالیت‌های صورت گرفته در حوزه‌ی آنزیم کشور

ردیف	نام واحد	نوع فعالیت	ظرفیت	استان
۱	بن دا فرآور	تولید- تحقیق و توسعه – واردات	۵۰۰	تهران
۲	آرتین شیمی	ادعای تولید آنزیم‌های قند و شاسته	-	تهران
۳	سمند گستر شیمی	تولید آنزیم با منشا دامی (پانکراس) برای صنعت چرم	۷۰۰	قزوین
۴	دانش نوین آرین یکتا	توسعه سویه	-	تهران
۵	طاها بیوتک	توسعه سویه	-	خراسان رضوی
۶	سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی	توسعه سویه / پایلوت	-	تهران
۷	زیست فرایند صنعت صبا	توسعه سویه / پایلوت	-	تهران
۸	کارین فرایند سینا	توسعه سویه	-	تهران

۳-۱۶- کود زیستی

بازار کودهای زیستی و آلی، شامل هیومیک اسید، هیدرولیزات پروتئین و سایر ترکیبات بهبوددهنده خاک، ارزش ۳۰ میلیون دلار دارد. این بخش از زیست‌فناوری کشاورزی (بیوتکنولوژی سبز) بر تولید مواد مغذی و اصلاح‌کننده‌های خاک از طریق فرآیندهای زیستی متمرکز است که به کشاورزی پایدار کمک می‌کند. هیومیک اسید (از تجزیه مواد آلی و لیگنیت) و هیدرولیزات پروتئین (از تجزیه آنزیمی مواد پروتئینی) به عنوان بهبوددهنده ساختار خاک، افزایش‌دهنده جذب مواد مغذی و محرک رشد گیاهان عمل می‌کنند. استفاده از این ترکیبات به دلیل روند جهانی به سمت کاهش مصرف کودهای شیمیایی افزایش یافته است.

بازار جهانی این کودها و محرک‌های زیستی، یک بازار در حال رشد سریع است که توسط شرکت‌هایی نظیر Yara، Syngenta و شرکت‌های تخصصی رهبری می‌شود. در ایران، شرکت‌های دانش‌بنیان و واحدهای تولیدی در سال‌های اخیر به تولید

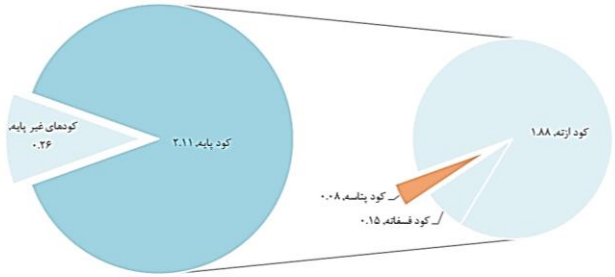
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

هیومیک اسید از منابع معدنی (لئوناردیت) و تولید هیدرولیزات پروتئین از پسماندهای کشاورزی یا دامی روی آورده‌اند. با توجه به اهمین امنیت غذایی، توسعه کشاورزی در ایران و لزوم غنی سازی خاک‌های زراعی جهت رسیدن به بازده بالای تولید، این بازار پتانسیل رشد بالایی دارد. توسعه این بخش نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تخمیر و فرآوری بیومس برای تولید انواع کودهای زیستی با کیفیت بالا و توسعه فرمولاسیون‌های اختصاصی برای محصولات کشاورزی بومی است. این امر به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی نیز کمک شایانی خواهد کرد.

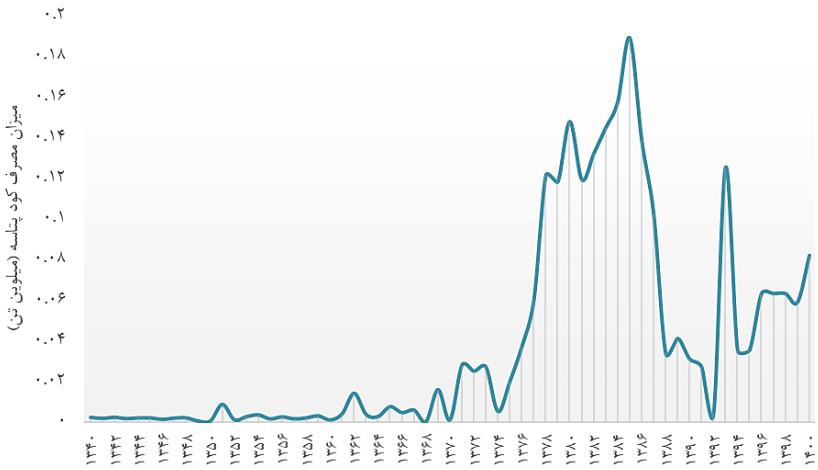
بنا به توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای خاک‌های ایران به ازای هر هکتار ۳۳۰ کیلوگرم کود نیاز است. طبق گزارش ایرنا، نیاز کل سالانه کود کشور در سال ۹۹ بیش از چهار میلیون تن تا چهار میلیون و ۲۰۰ هزار تن توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب اعلام شد. سالانه تا ۶۰۰ هزار تن انواع کودهای فسفاته و پتاسه تأمین و توزیع می‌شود.

متوسط سطح کشت اراضی دیم و آبی کشور در حدود ۱۴ میلیون هکتار است، بنابراین، نیاز سالیانه کودهای شیمیایی پرمصرف در کشور در یک سال زراعی برحسب عناصر موردنیاز،۱/۶۴ میلیون تن و برحسب مقدار کود حدود ۳/۶۴ میلیون تن (کودهای نیتروژنی ۲/۵، کود فسفاته ۰/۶۴ و کود پتاسه ۰/۵ تن) با نسبت ۲۰-۲۵-۱۰۰ برآورد می‌شود. میزان تدارک کودهای شیمیایی کشور در سال ۱۴۰۰، برابر با ۲/۲۵ میلیون تن بوده است که از این مقدار ۲/۱۱۳ میلیون تن (۸۸/۵ درصد) آن مربوط به سه کود پایه ازته، فسفاته و پتاسه بوده است. سهم کود پتاسه کشور برابر با ۸۱/۹۹۵ هزارتن است.



شکل (۵۰-۳) تدارک کودهای مورد استافد کشور در سال ۱۴۰۰ (میلیون تن)

شکل زیر میزان مصرف کود پتاسیم در ایران در بازه زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۴۰۰ را نمایش می‌دهد.



شکل (۵۱-۳) مصرف کود پتاس (K2O) در کشور در سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۴۰۰ بر طبق آمار فائو

کلیه املاح پتاسی محلول در آب و سریعاً قابل‌جذب بوده و برخلاف ترکیبات نیتروژنی، کودهای پتاس دار حتی در مقادیر

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

خیلی زیاد اثری در واکنش خاک ندارند. کودهای پتاسی به دو فرم کلردار و غیر کلردار هستند و به‌صورت K^+ قابل‌جذب گیاهان هستند

طبق آمارنامه بخش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در ۵ سال اخیر (سال ۹۵ تا ۹۹)، ۶۰ درصد کودهای فسفاته و پتاسه از راه واردات تأمین می‌شود و ماده اولیه انواع تولید داخل (پتاسیم به فرم KCl) نیز وارداتی است. بنابراین در کشور تولید کود پتاسه به هیچ شکلی وجود ندارد. نمودار زیر نمایش‌دهنده میزان تدارک کود در این سال‌ها (سال ۹۵ تا ۹۹) و سهم واردات و تأمین داخلی کود را نمایش می‌دهد.



شکل (۵۲-۳) میانگین تدارک کود در سال‌های ۹۵ تا ۹۹ و سهم واردات و تولید داخل در تأمین نیاز کود

باتوجه‌به نیاز بالای کودی کشور و عدم تأمین مقدار مناسب کود علی‌رغم واردات، تولید کود در کشور حائز اهمیت است. واردات کود به کشور علاوه بر سختی‌های موجود به علت تحریم‌های واردشده بر کشور، منجر به خروج ارز می‌گردد. با تأمین نیاز کود کشور می‌توان از خروج ارز جلوگیری نمود. همچنین افزایش تولید کود می‌تولند نیاز کودی کشور را به‌طور کامل برآورده نموده و سلامت خاک‌های کشور و بالطبع محصولات کشت‌شده را بهبود بخشد. یکی از روش‌های مناسب برای تأمین نیاز کودی کشور استفاده منابع اولیه ارزان‌قیمت، در دسترس و فراوان است. فناوری بازیابی عناصر از پسماند، پساب‌ها و ... می‌تولند به‌عنوان رویکرد اقتصادی، ارزان‌قیمت و مقاومتی برای تأمین نیاز کودی کشور لحاظ گردد. با بازیابی عناصر از جریان‌های بی‌ارزش و کم‌ارزش، از ورود این مواد به محیط‌زیست و آلودگی آن نیز جلوگیری می‌گردد. بازیابی مواد مغذی و تولید کود، می‌تواند به‌عنوان توسعه پایدار محیط‌زیست به شمار رود. همچنین گامی در جهت تکمیل چرخه حیات در کشور به‌شمار می‌رود. تولید ویناس در کشور برابر با ۱.۵ میلیارد لیتر ویناس است. میانگین محتوای پتاسیم ویناس کشور برابر ۱۳-۱۷٪ برحسب ماده خشک است. ویناس تولیدی در کل ۷٪ ماده خشک دارد. بنابراین کل محتوای پتاسیم ویناس کشور حدود ۱۵.۷۵ میلیون لیتر است. در فرایند دپتاسیفیکاسیون ویناس، بازیابی تا ۵۰٪ قابل استحصال است. از این مقدار ویناس، حدود ۷.۸۷ میلیون لیتر نمک پتاسیم قابل استحصال است. با فرض بازیابی ۲۰٪ از کل پتاسیم قابل استحصال کشور، حد پتانسیل تولید کود پتاسیم بازیابی شده توسط ویناس در کشور برابر با ۱/۵ میلیون تن است. حجم مصرف کود پتاسیم کشور برابر با ۰/۰۸ میلیون تن است. بنابراین بازیابی پتاسیم ویناس می‌تواند منجر به خودکفایی در تولید کود پتاسیم کشور گشته و از خروج سالانه ارز جلوگیری نماید. این کود همچنین ارگانومینرال بوده (تنها فرم ارگانیک پتاسیم در جهان) و حاوی مواد معدنی دیگری نیز است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۲۳-۳) کودهای تولیدی شرکت بیوران

ردیف	نوع کود	نام محصول	ترکیبات
۱	میکروبی	کود کامل بیولوژیک بایوفارم ویژه زراعت	حاوی *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* spp.
۲	میکروبی	کود کامل بیولوژیک بایوفارم ویژه باغبانی	حاوی *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* spp.
۳	میکروبی	کود بیولوژیک بایوفسفات بایوران	فسفر معدنی، ماده آلی و باکتری حل‌کننده فسفات
۴	میکروبی	کود بیولوژیک بایوسوی	حاوی *Bradyrhizobium japonicum*
۵	هیدرولیزلات پروتئینی	آمینوبایوران (اسیدآمینه زیستی بایوران)	اسیدآمینه، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و باکتری باسیلوس ولزنسیس
۶	هیدرولیزلات پروتئینی	آمینوبایوران (اسیدآمینه زیستی بایوران)	حاوی اسیدآمینه آزاد و باکتری *Bacillus velezensis*
۷	هیدرولیزلات پروتئینی	بایوست (فروتست زیستی بایوران)	نیتروژن، روی، بر، پتاسیم، اسیدآمینه آزاد و باکتری *Bacillus velezensis*
۸	هیدرولیزلات پروتئینی	میکروهیومیک (هیومیک اسید زیستی بایوران)	هیومیک اسید، فولویک اسید، پتاسیم و باکتری *Bacillus velezensis*

۳-۱۷- آفت کش زیستی

آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز همواره در طول تاریخ به‌عنوان رقیبی سرسخت در عرصه کشاورزی، محصولات تولیدی انسان‌ها را مورد هجوم خود قرار داده و کوچک‌ترین غفلت بشر از حضور آن‌ها به‌ویژه زمان‌هایی که انسان قصد بهره برداری بیشتر از منابع را بدون در نظرگرفتن واقعیت حضور آن‌ها داشتند، در مقاطعی تا صد درصد محصول را از بین برده‌اند. لذا کنترل این عوامل خسارت زا اجتناب ناپذیر است. تعداد عوامل خسارت‌زای گیاهی مهم و اقتصادی در کشور ایران بالغ بر ۶۰۷ عامل شامل آفات (حشرات، کنه‌ها، موش‌ها و پرندگان)، بیماری‌ها (باکتری، قارچ، نماتد، ویروس، فیتوپلاسما و...) و علف‌های هرز است که به ترتیب سهم آفات از این عوامل ۲۸درصد، سهم بیماری‌ها ۲۵درصد و سهم علف‌های هرز ۴۷ درصد تخمین زده شده است.



شکل (۵۳-۳) سهم عوامل خسارت زای گیاهی مهم و اقتصادی در کشور

باتوجه‌به وجود حدود ۶۰۷ عامل خسارت زا در سطح مزارع و باغ‌ها و توان خسارت زایی عوامل فوق به طور متوسط بیش از ۴۰ درصد در حین تولید و نگهداری از محصول، اجرای عملیات مبارزه اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی اجتناب ناپذیر هست. سالانه در سطحی حدود ۱۲میلیون هکتار مبارزه شیمیایی و حدود ۲.۵ میلیون هکتار عملیات مبارزه غیرشیمیایی صورت می‌پذیرد. این عملیات با استفاده از سموم ثبت شده و به کارگیری مواد و عوامل بیولوژیک و روش‌های غیرشیمیایی صورت می‌پذیرد. استفاده از حشره‌کش‌ها، بخشی از برنامه مبارزه با آفات گیاهی است. حشره‌کش‌های مورد استفاد در کشور، از طریق تولید داخلی و همچنین از محل واردات تأمین می‌گردد. شکل زیر نمایش‌دهنده میزان مصرف حشره‌کش‌ها در کشور است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵۴-۳) میزان فروش حشره‌کش (هزارلیتر/کیلوگرم) و سهم آن از کل سموم شیمیایی فروش رفته (٪) در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰

مشکلات متعددی ناشی از استفاده از چنین آفت‌کش‌های شیمیایی وجود دارد. آلودگی محیط‌زیست یکی از نگرانی‌های جدی برای کنترل شیمیایی آفات است. افرادی که با آن در تماس هستند ممکن است در معرض مسمومیت قرار بگیرند. اخیراً دانشمندان نگران وجود باقیمانده‌های شیمیایی آفت‌کش‌ها درون غذاها هستند که می‌تواند باعث بیماری‌های متفاوت شوند. از منظر کشاورزی، از دست دادن باروری خاک در دراز مدت شاید بزرگ‌ترین ایراد استفاده از آفت‌کش هاست. بااین‌حال، در کوتاه مدت با عملکرد بهتر محصول این مشکل جبران می‌شود. بنابراین استفاده همیشگی و مداوم از این آفت‌کش‌ها، می‌تواند برای کشاورزی کشور یک معضل بزرگ بوده و امنیت غذایی کشور را به خطر بکشد. آفت‌کش زیستی یکی از روش‌های جایگزینی آفت‌کش‌های شیمیایی است. آفت‌کش‌های زیستی، غیر سمی هستند، با محیط‌زیست سازگاری بیشتری دارند و در باغداری و کشاورزی می‌توانند نقشی کلیدی داشته باشند. کشاورزی و باغداری پایدار و به حداکثر رساندن حاصلخیزی خاک، مستلزم جایگزینی آفت‌کش‌های غیر سمی و سازگار با محیط‌زیست به‌جای آفت‌کش‌های رایج است. بنابراین، به نظر می‌رسد نیاز به آفت‌کش بیولوژیک با گذشت زمان افزایش می‌یابد. بهینه سازی تولید، از طریق هزینه‌های کمتر و بهبود عملکرد، یکی از مسیرهای پیش روی این نوع آفت‌کش است. امروزه علاقه روز افزون به کشاورزی بدون آفت‌کش شیمیایی و ارگانیک، تقاضا را برای آفت‌کش بیولوژیک بالاتر برده است.

با در نظر گرفتن جایگزینی نیمی از حشره‌کش‌های موجود با حشره‌کش زیستی، پتانسیل این بازار ۲۴۵۰۰۰ لیتر بر کیلوگرم در سال در کشور است. همچنین می‌توان از واردات حشره‌کش‌ها کاسته و از خروج ارز نیز جلوگیری نمود.

شرکت‌های مختلفی در ایران مانند شرکت زیست فناور سبز، شرکت رویان تیسان، بیوران به تولید قارچ کش، حشره کش و آفت کش‌های زیستی مشغول هستند.

قارچ‌کش حاوی باکتری باسیلوس سوبتیلیس سویه BS106، قارچ‌کش زیستی تریکو حاوی قارچ *Trichoderma harzianum* و حشره‌کش زیستی Bt حاوی باکتری Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki سویه AzLp از جمله محصولات این شرکت هستند.

کود زیستی قارچ کش شرکت رویان تیسان با نام = تیسان ازتوباکتر حاوی باکتری‌های مفید ازتوباکتر است. این باکتری‌ها توانایی تثبیت نیتروژن موجود در هوا را دارند و آن را به شکل قابل جذب برای گیاه تبدیل می‌کنند. کود زیستی قارچ کش شرکت رویان تیسان با نام تریکودرما هارزیانوم حاوی قارچ تریکودرما هارزیانوم است. تریکودرما هارزیانوم یک قارچ مفید و پرکاربرد در کشاورزی زیستی است که به‌عنوان بیوکنترل و بهبوددهنده رشد گیاه شناخته می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شرکت بیوران حشره‌کش و افت کش‌های شرکت بایوران به شرح زیر هستند:

- کود-قارچکش بیولوژیک بایوگارد حاوی قارچ *Trichoderma harzianum*، باکتری *Bacillus velezensis*، هیومیک اسید
- کود-قارچکش بیولوژیک تریکوران‌پی حاوی قارچ *Trichoderma harzianum*
- کود-قارچکش بیولوژیک پروبیو ۹۶ حاوی باکتری *Bacillus velezensis*
- حشـــره‌کش بیولوژیک بایولپ (کنترل کننده لارو آفات پرولنه‌ای) حاوی باکتری *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* ویژه کنترل لارو آفات پروانه‌ای
- پروتئین هیدرولیزات بایوران (جلب‌کننده مگس‌های میوه) حاوی پپتیدهای کوتاه‌زنجیر، آمینواسیدها و ترکیبات فرار

هم چنین محصولات پروبیوتیک در حوزه کشاورزی برای مهار بیماری زیستی و به عنوان محرک زیستی قابل استفاده می‌باشند. یکی از نمونه‌های این اقدام در کشور، توسط شرکت دانش بنین زیست فناور سبز انجام شده است. دستاورد محقق پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی در زمینه عوامل مهارگر زیستی بیمارگرها و محرک رشدی گیاهی (پروبیوتیک گیاهی) با منشاء قارچ تریکودرما که با انتقال به بخش خصوصی تجاری سازی شده در حدود ۷۰ هزار هکتار از اراضی زراعی و گلخانه‌ای کشور با موفقیت استفاده شده است. به گزارش روابط عمومی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، مدیرعامل شرکت دانش بنیان زیست فناور سبز با اشاره به استقبال بسیار خوب کشاورزان از این محصول که براساس قرارداد واگذاری دانش فنی و سویه‌های پروبیوتیک گیاهی تریکودرما توسط دکتر مژگان کوثری، عضو هیات علمی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی به این شرکت، تولید و در قالب بیش از ۶۰ هزار بسته محصول تجاری تریکوروین در مزارع و گلخانه‌های سراسر کشور در نقاط مختلف آب و هوایی و بر روی محصولات مختلف استفاده شده است، خاطرنشان کرد: این محصول در نمایشگاه‌های مرتبط با نهاده‌های کشاورزی در خارج کشور نیز ارائه شده و کشورهایی نظیر کوبا متقاضی دریافت این محصول هستند.

با تجاری سازی و عرضه فرمولاسیون ابداعی پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، ضمن جلوگیری از خسارات سنگین ناشی از عوامل بیمارگر گیاهی به مزارع کشاورزی کشور از ورود مقادیر زیاد بقایای خطرناک سموم و کودهای شیمیایی به محیط زیست جلوگیری می‌شود. با توجه به بازار بزرگ و رو به گسترش عوامل کنترل زیستی و محرک‌های زیستی، فرمولاسیون‌های حاوی قارچ تریکودرما، از جمله موفق‌ترین عوامل پروبیوتیک گیاهی است. قارچ تریکودرما حدود ۶۰ درصد از بازار جهانی محصولات تجاری قارچی کنترل زیستی را به خود اختصاص داده است. مناسب بودن برای تولید صنعتی، سازگاری با صنعت تخمیر، تحمل به طیف وسیعی از ترکیبات حیات کش (Biocide) و امکان کاربرد در کنترل تلفیقی از دیگر برتری‌های این قارچ نسبت به سایر آنتاگونیست‌ها است.

مدیرعامل شرکت دانش بنیان زیست فناور سبز با اشاره به تمایل کاربران داخل و خارج کشور به مصرف محصول فناورانه تریکوروئین، تمایل و تقاضای شرکت را برای خریداری دانش‌های فنی و فرمولاسیون‌های جدید حاصل از تحقیقات مجری این طرح، را نیز به پژوهشگاه بیوتکنولوژی اعلام کرد.

بهره وری و کاربرد محصولات فناورانه همچون تریکوروئین که حاصل تحقیقات بیش از دو دهه محققان پژوهشگاه بیوتکنولوژی است، نمونه واقعی از اثربخشی تحقیقات در عرصه کشاورزی و سلامت محیط زیست است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۸-۳- پروبیوتیک

پروبیوتیک‌ها نیز که به عنوان آغازگر جانبی جهت تولید فراورده‌های فراسودمند و نیز مکمل‌های غذایی استفاده می‌شوند، بازار رو به گسترشی در دنیا و کشور دارند. بازار جهانی محصولات پروبیوتیک در سال ۲۰۲۲، ۶۲.۴ میلیارد دلار بوده که این رقم در سال ۲۰۳۲ به ۱۳۱ میلیارد دلار می‌رسد. بازار پروبیوتیک‌ها و مشتقات پری‌بیوتیک با ارزش ۳۰ میلیون دلار در جدول، نمایانگر اهمیت بیوتکنولوژی سلامت و تغذیه در کشور است. پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای (مانند سویه‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم) هستند که در صورت مصرف کافی، اثرات سلامتی مفیدی بر میزبان دارند و عمدتاً در صنایع لبنی، مکمل‌های غذایی و خوراک دام استفاده می‌شوند. پری‌بیوتیک‌ها (مانند اینولین و الیگوساکاریدها) مواد غذایی غیرقابل هضم (اغلب کربوهیدراتی) هستند که رشد و فعالیت باکتری‌های مفید روده را تحریک می‌کنند و در صنایع غذایی و مکمل‌ها به‌کار می‌روند.

این بخش یک بازار دانش‌بنیان و نوظهور در بیوتکنولوژی سلامت است که رشد سریع جهانی را تجربه می‌کند. شرکت‌های جهانی نظیر Chr. Hansen و DuPont Danisco رهبری این بازار را بر عهده دارند که بر سویه‌های میکروبی با اثرات بالینی اثبات‌شده تکیه دارند. در ایران، شرکت‌های دانش‌بنیان متعددی در زمینه جداسازی، شناسایی و فرمولاسیون سویه‌های پروبیوتیکی بومی برای مصرف انسانی و دام و طیور فعال هستند. حجم بازار ۳۰ میلیون دلاری، نشان‌دهنده پتانسیل رشد بسیار بالای این محصولات در صنایع غذایی (مانند ماست و دوغ پروبیوتیک) و مکمل‌های دارویی است. برای توسعه این حوزه، حمایت از تحقیقات بر روی سویه‌های بومی با ویژگی‌های عملکردی برتر، توسعه فرآیندهای خشک‌کردن انجمادی (Freeze-Drying) و کپسوله‌سازی پیشرفته برای حفظ پایداری میکروارگانیسم‌ها ضروری است.

یکی از روندهای مهم صنعتی در ایران و جهان، کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک هاست. روش‌های مدیریت مزرعه‌ی پرورش بدون استفاده از آنتی‌بیوتیک متعدد است که یکی از این روش‌ها استفاده از پروبیوتیک‌های مختلف است. متاسفانه در بخش پروبیوتیک‌های غیر باکتریایی علیرغم اثرگذاری خیلی مناسب بر سلامت دام، طیور و آبزیان، در کشور تمرکز کمتری در تولید صنعتی آن‌ها است. شرکت‌های موجود در کشور تقریباً تمام نیاز بالفعل کشور در زمینه‌ی پروبیوتیک‌های جیره را تولید می‌کنند. یکی دیگر از چالش‌های این صنعت مبحث پایین‌دستی تولید و فرمولاسیون و پایدارسازی محصولات است. فرایندهایی نظیر انکپسولاسیون، پایدارسازی‌های حرارتی، پوشش دهی و... از فناوری‌های موردنیاز صنعت تولید پروبیوتیک‌های خوراک دام، طیور و آبزیان است. باتوجه‌به حد مصرف پروبیوتیک‌های دامی به میزان ۲۰۰ گرم به ازای هر تن خوراک، حد پتانسیل بازار با در نظر گرفتن خوراک دام، طیور و آبزیان حدود ۴۲۰۰ تن است.

با این حال، طبق داده های منتشر شده در گزارش "طرح کلان گوشت مرغ و تخم مرغ" ستاد توسعه زیست فناوری، سالانه حدود ۵۸۰ تن نیاز قطعی پروبیوتیکی صنعت دام کشور است که از طریق واردات تأمین میگردد. با توجه به مصاحبه با فارمهای بزیان در جنوب کشور، یکی از مشکلات صنعت پروبیوتیک کشور، عدم نتیجه بخش بودن و جوابگو نبودن محصولات پروبیوتیک آبزیان تولید شده توسط شرکت های تک ژن و زیست تخمیر و طبیعت گرا است. بنابراین حوزه پروبیوتیک آبزیان در کشور نیاز به توسعه جدی داشته و ظرفیت های این ازر پتانسیل رو به رشدی بالایی دارد.

مخمر پروبیوتیک انسانی به دو صورت قابل‌استفاده است: در فرمولاسیون مواد غذایی برای تولید محصولات پروبیوتیک و استفاده در مکمل‌های دارویی.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

در کشور در سال ۱۴۰۱، ۹۲۰۰ تن انواع ماست پروبیوتیک و ۹۹۱۵ تن انواع پنیر پروبیوتیک تولید شده است. طبق استاندارد سازمان ملی استاندارد ایران، قابلیت زیستی (شمارش زنده) هر یک از سویه‌های پروبیوتیک به کار رفته در محصولات پروبیوتیک تا پایان تاریخ انقضای مصرف نباید کمتر از 10^{6} cfu/g باشد؛ بنابراین نیاز سویه‌های پروبیوتیک در محصولات باید برابر با 10^{15} CFU ۱۹/۱۱۵ (معادل 10^{15} CFU ۹/۲ برای ماست و 10^{15} CFU ۹/۹۱۵ برای پنیر بیوتیک) تخمین زده می‌شود.

رویکرد دیگر، استفاده از پروبیوتیک‌ها در مکمل‌های دارویی است. طبق بیان مرکز آمار، ایران حدود ۸۵ میلیون نفر جمعیت دارد. مقدار مصرف مکمل‌های پروبیوتیک برابر با یک قرص روزانه است. هر قرص/کپسول حاوی 10^{9} میکروارگانیسم پروبیوتیک است. سقف بازار موردنیاز پروبیوتک سالانه مورداستفاده در مکمل‌ها در کشور برابر با 10^{19} CFU ۳/۱۰۵ است. در سال ۱۴۰۱ در کشور، حدود ۱۷/۷ میلیارد تن انواع مکمل دارویی به شکل قرص، پودر و کپسول تولید شده است.

به گفته انجمن پروبیوتیک و غذاهای فراسودمند کشور، این صنعت در کشور نیز حوزه‌ای بکر برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های دانش بنیان محسوب می‌شود و در حال حاضر ۸۵ کارخانه تولید محصولات پروبیوتیک در کشور وجود دارد و ۱۶۳ محصول پروبیوتیک مجوز تولید دریافت کرده‌اند. از جمله موفق‌ترین شرکت‌های فعال در این حوزه می‌توان به شرکت تک‌ژن، زیست تخمیر و اشاره کرد.[۷]

۱۹-۳- پری بیوتیک

اولین اشاره به مفهوم پری‌بیوتیک[1] به سال ۱۹۵۴ برمی‌گردد، زمانی که گیورگی[2] مشاهده نمود که یک جزء از ترکیب شیر انسان (N-acetyl glucosamine) باعث رشد سویه باکتری از جنس Bifidobacterium می‌شود. چند سال بعد Petuely لاکتولوز را به‌عنوان یک عامل بیفیدی[3] تشخیص داد. تقریباً ۲۰ سال بعد، محققان ژاپنی گزارش دادند که چند اولیگوساکارید غیرقابل‌هضم عامل بیفیدی هستند. تعریف اولیه اصطلاح پری‌بیوتیک در سال ۱۹۹۵ به این شرح بوده است: "مواد غذایی غیرقابل‌هضم که با تحریک انتخابی سبب رشد و/یا فعالیت تعداد مشخص و محدودی از باکتری‌ها در روده بزرگ بدن میزبان شده و سبب ایجاد تأثیر مثبت و بهبود سلامت میزبان می‌شود". از آن زمان به بعد، تعریف اولیه مورد بازنگری‌های متعددی قرار گرفت. طبق جدیدترین تعریف، پری‌بیوتیک‌ها "سوبستراهایی هستند که به طور انتخابی توسط میکروارگانیسم‌های میزبان استفاده می‌شوند و برای سلامتی مفید هستند".

در سال ۲۰۰۶، بازار غذای فراسودمند ۲۰ میلیارد دلار در ایالات متحده، ۱۵ میلیارد دلار در اروپا و ۱۲ میلیارد دلار در ژاپن با نرخ سالانه ۷/۵ درصد رشد تخمین زده شده است. بازار پری‌بیوتیک در سال ۲۰۱۵ به ۲۰۰ میلیون دلار با نرخ افزایشی حدود ۱۵ درصد در رسیده است. علاوه بر این، طبق گزارش Global Market Insights، انتظار می‌رود بازار جهانی پری‌بیوتیک تا سال ۲۰۲۴ از ۸/۵ میلیارد دلار فراتر رود. قابل‌توجه است که افزایش بازار پری‌بیوتیک بسیار بیشتر از افزایش کل بازار مواد غذایی است که افزایش آن حدود ۲ درصد در سال است.

---

1 Prebiotics

2 Gyorgy

3 bifidus factor((ماده‌ای ناشناخته که با رشد زیرگونهٔ لاکتوباسیل بیفیدوس مرتبط است و در شیر پستانداران یافت می‌شود

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند با افزایش مثبت بر میکروبیوتای روده بر سلامت میزبان تأثیر بگذارند. پری‌بیوتیک‌ها تأثیر زیادی بر میکروبیوتای روده و فعالیت متابولیک آن دارند که باعث ایجاد مزایای سلامتی می‌شود. پری‌بیوتیک‌ها نمی‌توانند مستقیماً توسط آنزیم‌های میزبان هضم شوند و توسط باکتری‌های روده بزرگ تخمیر می‌شوند. مکانیسم واقعی استفاده از پری‌بیوتیک دقیقا مشخص نیست. بر اساس ساختار و ترکیب، آنها می‌توانند توسط باکتری‌های خاصی به‌عنوان منبع کربن و انرژی موردمصرف قرار گیرند. شوند چندین مدل پیشنهادی اثر پری‌بیوتیک را در قسمت های مختلف بدن بیان می‌کند. تنظیم آنزیم لیپوژنیک کبدی[1] می‌تواند تولید اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه مانند پروپیونیک اسید و بوتیریک اسید را در نتیجه تخمیر افزایش دهد. محصولات تخمیری در دسترس بودن ژن های مختلف را برای فاکتورهای رونویسی افزایش می‌دهند که میکروبیوتای روده را قادر می سازد جمعیت خود را بهبود بخشد.

هم چنین پری‌بیوتیک خاص مانند FOS می‌تواند تولید موسین را تعدیل کند. پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند باعث افزایش لنفوسیت‌ها[2] و همچنین تعداد لکوسیت‌ها[3] در GALTs[4] و خون شوند. سپس GALTها ترشحات IgA را افزایش می‌دهند که مستقیماً عملکرد فاگوسیتیک[5] یا بیگانه‌خواری ماکروفاژهای درون التهابی[6] را تحریک می‌کند. پری‌بیوتیک‌ها به‌عنوان مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌های مفید عمل می‌کنند که باعث رقابت با پاتوژن‌ها برای چسبندگی به مخاط[7] می‌شود. شکل زیر مکانیسم اثر پری‌بیوتیک‌ها را نمایش می‌دهد.

---

1 hepatic lipogenic

2 lymphocytes

3 leukocyte

۴ بافت های لنفوئیدی مرتبط با روده

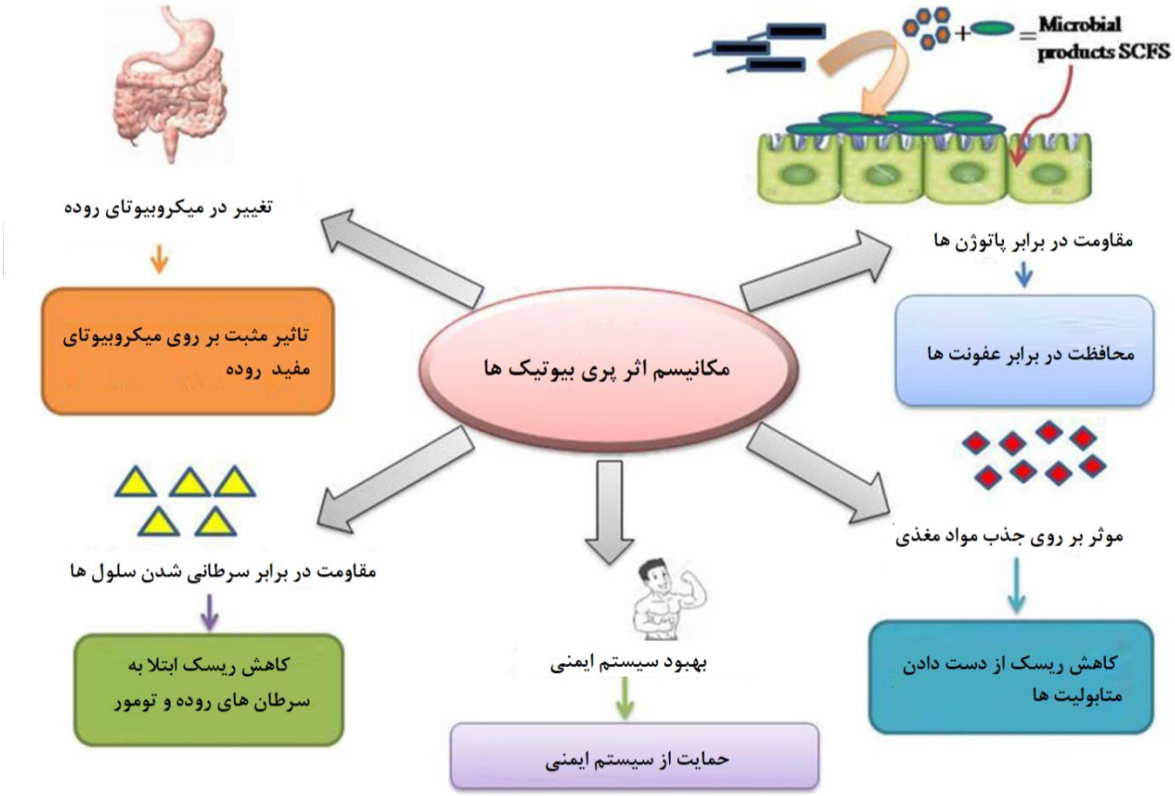
5 phagocytic

6 intra inflammatory

7 epithelial

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵۵-۳) مکانیسم اثر پری بیوتیک ها

انواع مختلفی از پری‌بیوتیک‌ها وجود دارد. اکثریت آنها زیرمجموعه‌ای از گروه‌های کربوهیدراتی هستند و بیشتر کربوهیدرات‌های الیگوساکاریدی (OSCs) هستند. گالاکتوالیگوساکاریدها (GOS)، فروکتوالیگوساکاریدها (FOS) و اینولین پری‌بیوتیک‌هایی هستند که بیشتر شناخته شده‌اند. شکل زیر نمایش‌دهنده انواع پری‌بیوتیک‌های موجود است. کربوهیدرات‌ها ترکیباتی هستند که بر اساس اندازه مولکولی یا درجه پلیمریزاسیون خود به مونوساکاریدها، الیگوساکاریدها یا پلی‌ساکاریدها طبقه‌بندی می‌شوند. طبق تعریف، الیگوساکاریدها پلیمرهای مونوساکاریدی با درجه پلیمریزاسیون پایین هستند و با زنجیره‌هایی با دو تا ده باقیمانده مونوساکارید مشخص می‌شوند. الیگوساکاریدها را می‌توان به‌صورت آزاد یا به‌صورت محدود از منابع طبیعی یا با سنتز فیزیکی، شیمیایی یا آنزیمی تولید نمود. بیشتر پری‌بیوتیک‌ها در مقیاس صنعتی به‌عنوان GOS و FOS طبقه‌بندی می‌شوند.

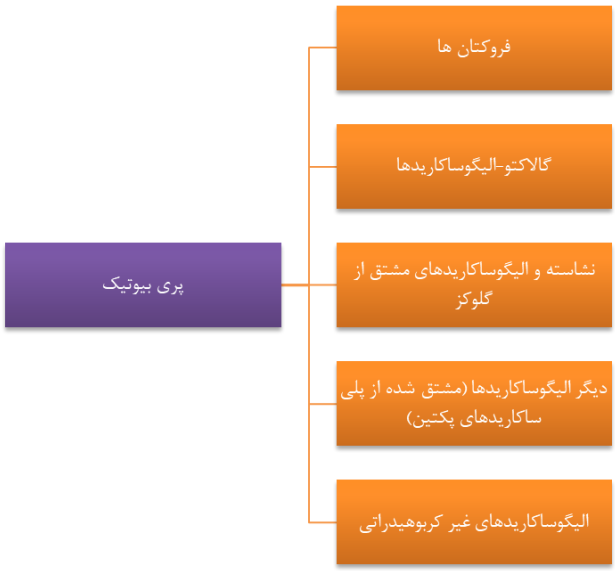
صرف‌نظر از تعریف، فروکتوالیگوساکاریدها[1] و گالاکتوالیگوساکاریدها[2] (FOS و GOS) به دلیل خواص پری‌بیوتیکی که دارند به طور گسترده‌ای شناخته شده‌اند. علاوه بر این، خواص تغذیه‌ای آنها نیز عامل مهم دیگری است. FOS و GOSها شیرین‌کننده‌های کم کالری هستند، احساس سیری می‌دهند، به کنترل وزن بدن کمک می‌کنند، یبوست را رفع می‌کنند، شاخص گلیسمی[3] پایینی دارند و پوسیدگی‌زا[4] نیستند. GOS و FOS در فرمولاسیون محصولات لبنی، انواع نوشیدنی‌ها،

1 fructo-oligosaccharides (FOS)
2 galacto-oligosaccharides (GOS)
3 glycemic index
4 cariogenic

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محصولات نانوایی و برخی شیرینی‌ها استفاده می‌شوند و آنها را به غذاهای فراسودمند یا غذای عملکردی[1] تبدیل می‌کنند. هم چنین، آنها به طور گسترده در شیرخشک برای تحریک رشد میکروبیوتای در بدن نوزاد به کار می‌روند.



شکل (۵۶-۳) دسته بندی پری بیوتیک ها

ازآنجایی‌که GOS و FOS می‌توانند در بسیاری از محصولات گنجانده شوند، تقاضای آنها در طول زمان به طور تصاعدی در سراسر جهان افزایش‌یافته است. ژاپن در تولید و مصرف FOS و GOS پیش‌گام است. ژاپن اولین کشوری بود که اولیگوساکاریدهای غیرقابل‌هضم را در غذاها وارد کرد و در جهان در استفاده از پری‌بیوتیک‌ها به‌عنوان ترکیبات کاربردی پیشرو بوده است[۳]. پری‌بیوتیک‌ها در صنایع غذایی، کاربردهای مختلفی دارند. برخی از این کاربردها در زیر اشاره شده است.

- محصولات پخته شده با حرارت مستقیم[2]
- نوشیدنی‌ها
- غلات صبحانه و غلات بار[3]
- آب‌نبات
- شکلات
- جایگزین‌های لبنیات
- محصولات لبنی
- مخلوط‌های خشک[4]
- پرکننده‌ها[5] یا فیلینگ‌ها
- دسرهای منجمد
- آماده‌سازی میوه[6]
- محصولات گوشتی
- سوپ و سس

طبق داده های منتشر شده در گزارش "طرح کلان گوشت مرغ و تخم مرغ" ستاد توسعه زیست فناوری، سالانه حدود ۴۰۰ تن نیاز پری بیوتیکی صنعت دام کشور است که از طریق واردات تأمین میگردد.

---

1 functional foods (غذای فراسودمند یا غذای عملکردی غذایی است که با اضافه کردن ترکیبات خاص یا جدید، یک کارکرد بیشتر یافته است)

2 Baked goods

3 cereal bars

4 Dry mixes

5 Fillings

6 Fruit preparations

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲۰-۳- جلبک

در حال حاضر از کل مواد بیومس (شامل انواع محصولات کشاورزی زمینی و دریایی) تولیدی در جهان، ۵۰ درصد سهم کشاورزی زمینی و ۵۰ درصد سهم محصولات ناشی از دریا و کشوارزی در آب است. در این شرایط تمرکز دولت ها عمدتا بر محصولات کشاورزی زمینی است. با این حال دو عامل اصلی یعنی ۱. محدودیت زمین های کشاورزی و ۲. تاثیر سوء تغییرات آب و هوایی بر محصولات ناشی از کشاورزی زمینی، باعث شده که دولت ها تمایل داشته باشند از محیط های دریایی برای تولید محصولات صنعتی و خوراکی استفاده کنند.

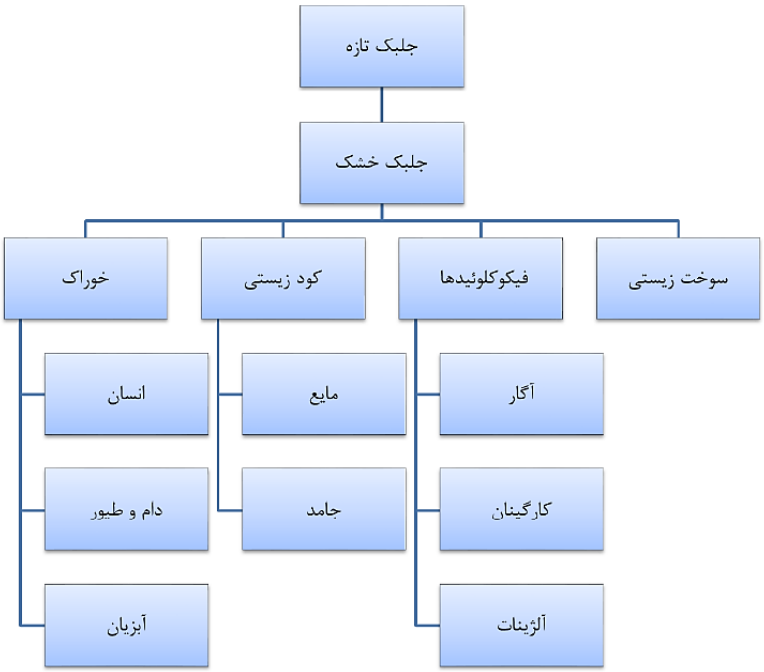
جلبکها سادهت رین موجودات واجد کلروفیل هستند. سه تفاوت عمده بین جلبکها و گیاهان عالی وجود دارد. اولا جلبکها فاقد ریشه ، ساقه و برگ هستند، ثانیا در اطراف اندامها یا ساختارهای زایشی جلبکها یاختههای محافظ وجود ندارد، ثالثا جنین در جلبکها دیده نمیشود. در طبیعت جلبکها در محیطهای گوناگون یافت میشوند. آب محیطی است که بیشترین جلبک ها را در خود جای داده است . جلبک های آب شور و جلبک های آب شیرین مورد بحث این گزارش هستند اما در سطح خاک های مرطوب نیز تعداد بسیار زیادی جلبک یافت میشود، همچنین بخشهای هوایی درختان و همچنین سنگ ها و صخره ها محل های دیگری هستند که جلبکها میتوانند بر روی آنها رشد کنند. بعضی از جلبکها میتوانند در محیطهای غیر معمولی ، مثل دریاچه های نمک، چشمه های آب گرم و یخچال های طبیعی و حتی در درون بدن و بافتهای موجودات زنده زیست کنند . جلبکها به دو گونه عمده ماکروجلبک ها (seaweeds یا macro algae) و میکروجلبک ها (micro algae) تقسیم بندی می شوند.

ماکروجلبک ها گونه های چند سلولی از جلبک ها هستند که هم در آب های شیرین و هم آب های شور رشد میکنند. در ابتدا ماکروجلبک ها تنها برای مصارف غذایی برای شهرهای ساحلی کاربرد داشتند. در حال حاضر نیز با توجه به اینکه این جلبک ها منبع غنی از مواد مغذی نظیر سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و همچنین ریز مغذی هایی نظیر ید، ویتامین ها و ریز مغذی های دیگر میباشند، بیشترین بازار آن ها در صنایع غذایی (انسانی و دامی) میباشد.

ماکروجلبک ها بر اساس رنگ به سه دسته تقسیم بندی میشوند؛ قهوه ای (Phaeophyceae)، قرمز (Rhodophyceae) و سبز (Chlorophyceae). در یک تقسیم بندی کلی، فراورد های ماکروجلبک در درختواره زیر ترسیم شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵۷-۳) فراورده های ماکروجلبک

از این میان پر مصرف ترین محصولات به ترتیب در جدول زیر بیان شده اند.

جدول (۲۴-۳) پرمصرف ترین فرآورده های ماکروجلبک در جهان

رتبه	فرآورده	حدود بازار جهانی
۱	خوراک مستقیم (جلبک خ وراکی نظیر سالادی، غذای کامل، کنسرو و...)	٪۸۰
۲	هیدروکلوئیدها (قوام دهنده ها نظیر آگار، کاراگینان، آلژینات)	٪۱۴
۳	کودها و مواد مغذی کشاورزی	٪۴
۴	غذای دام، طیور و آبزیان	کمتر از ٪۲
۵	سایر (آرایشی بهداشتی و ...)	کمتر از ٪۱

عمده بازار مصرف این محصولات در آسیا و بزرگترین بازار، مربوط به غذای انسانی و قوام دهنده ها میباشد. تامین خوراک انسانی در حدود ۵ میلیارد دلار از بازار این صنعت را شامل می شود. ماکروجلبک ها در ۴۰ کشور دنیا به عنوان غذا مصرف می شوند که مهم ترین این کشورها عبارتند از: چین، ژاپن، کره جنوبی و شمالی، کشورهای اسکاندیناوی، آمریکا، کانادا، کشورهای آمریکای جنوبی و فرانسه.

به گزارش رسمی سازمان فائو (۲۰۱۶) بازار قوام دهنده های با منبع جلبک، ۴۰ درصد از کل بازار قوام دهنده های جهان را تشکیل میدهند. قوام دهنده های دیگر نظیر ژلاتین از منشا حیوانی و هیدروکلوئیدهای دیگر با منشا گیاهی ۶۰ درصد بازار را تشکیل میدهند.

گونه دیگر، میکروجلبک ها هستند. ریزجلبک ها میکروارگانیسم های فتوسنتزی میکروسکوپی هستند که در آب های شور تا آب های شیرین فعال بوده و یافت میشوند. مکانیزم فتوسنتز این ارگانیسم ها مشابه گیاهان زمینی است، لکن به علت سیستم ساده سلولی و همچنین دسترسی بالای آن ها به مواد مغذی نظیر آب، دی اکسید کربن و دیگر مغذی ها)به علت شناور بودن در آب و دسترسی به مواد مغذی در خود آب، این ارگانیسم ها نسبت به گیاهان زمینی بازدهی بالاتری در فرآیند فتوسنتز دارند. مهم ترین گونه های ریزجلبک شامل موارد زیر است؛

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- Cyanophyceae(جلبک های سبز – آبی)
- Chlorophyceae (جلبک سبز)
- Bacillariophyceae (شامل دیاتوم ها)
- Chrysophyceae (شامل جلبک های طلایی)

جدول زیر لیستی از تمام محصولات و فرآورده های منتج از میکروجلبک ها را ارائه میدهد

جدول (۲۵-۳) محصولات و فرآورده های منتج از میکروجلبک ها

Products	Microalgae	References
Food	*Chlorella*, Spirulina, *Odontella auriata*, *Tetraselmis chuii Aphanizomenon flosaquae*, *Nostoc*, *A. sacrum*, *Spirogyra*, *Oedogonium*	Gantar and Svirčev (2008), Liu and Chen (2016) and Bleakley and Hayes (2017)
Feed	*Chlorella*, Spirulina, *Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Pavlova*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*	Gouveia *et al.* (2008) and Yaakob *et al.* (2014)
Vitamins & carotenoids		
Vitamin B12	*Chlorella*, Spirulina	Begum *et al.* (2016), Henríquez *et al.* (2016) and Sun *et al.* (2016)
Vitamin E	*Porphyridum cruentum*	
β-carotene	*D. salina*, *Haematococcus pluvialis*, *Synechococcus*, *Nanocloropsis gaditana*	
α-carotene	*Chlorella*	
Astaxanthin	*D. salina*, *H. pluvialis*, *Chlorella*	
Lutein	*Murellopsis sp.*, *Chlorella*, *Scenedesmus almeriensis*, *Auxenochlorella protothecoides*	
Zeaxanthin	*D. salina*, *Chlorella*, *Synechococcus*, *N. gaditana*	
Canthaxanthin	*Scenedesmus komarekii*, *D. salina*, *Chlorella*	
Fucoxanthin	*Phaeodactyllum tricornutum*	
Phytoene	*D. salina*	
Phytofluene	*D. salina*	
Violaxanthin	*Chlorella*, *Synechococcus*, *N. gaditana*	
Antheraxanthin	*Chlorella*	
Echinenone	*Botrycoccus braunii*	
Cryptoxanthin	*D. salina*	
Phycobiliproteins		
Phycocyanin	Spirulina	Sonani *et al.* (2016)
Phycoerythrin	*Porphyridium*	
Allophycocyanin	Spirulina	
Chlorophyll		
Chlorophyll A	*A. flosaquae*	Bishop and Zubeck (2012)
PUFAs		
Eicosapentaenoic acid (EPA)	*Phaeodactylum tricornutum*, *Monodus subterraneus*, *P. cruentum*, *Chaetoceros calcitrans*, *Nannochloropsis*, *Schizochytrium*	Pereira *et al.* (2012) and Adarme-Vega *et al.* (2014)
Docosahexaenoic acid (DHA)	*Crypthecodinium cohnii*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova salina*, *Schizochytrium*	
Linoleic acid	*D. salina*	
γ-linolenic acid	Spirulina	
Oleic acid	*D. salina*, Spirulina	
Lauric acid	Spirulina	
Polysaccharides		
Sulphated polysaccharides	*Porphiridium spp.*	Delattre *et al.* (2016) and Xiao and Zheng (2016)
Nostoflan	*Nostoc flagelliforme*	
Sterols		
Brassicasterol, sitosterol, and stigmasterol	*D. salina*, *Dunaliella tertiolecta*	Luo *et al.* (2015)
Phenolic & volatile compounds		
Phenolic compounds	*Chlorella*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Tolypothrix*, *Chlamydomonas*	Plaza *et al.* (2010) and de Morais *et al.* (2015)
β-Cyclocitral	*D. salina*	
α- and β-Ionone	*D. salina*	
Neophytadiene	*D. salina*	
Phytol	*D. salina*	
Pentadecane	*Synechocystis sp.*	
Heptadecane	Spirulina	
Extracts		
Total	*Chlorella*, *Chlamydomonas*	Nakashima *et al.* (2009)
Lipids	*Nostoc*, *Ulkenia*	
Carotenoids	*Chlorella*	

در حوزه زیســـت فناوری دریایی، جلبک به عنوان یک ماده خام و اولیه در ســـطح جهان ظرفیت قابل توجه و بالقوه ای را در

https://heiatelmi.ir

اقتصاد زیستی به خود اختصاص داده است. در ایران جوامع صنعتی و تحقیقاتی علاقه مندی خود را برای فعالیت در این زمینه نشان داده اند: شرکت های خصوصی و مراکز آموزشی و تحقیقاتی تمایل زیادی برای فعالیت در این زمینه داشته که همراهی اسناد بالادستی نظیر نقشه علمی کشور، برنامه های توسعه کشور و اسناد ستاد توسعه زیست فناوری و صنایع نوین وزارت صنعت، معدن و تجارت موجب تحرک قابل توجه در این بخش شده است.

ایران دارای طیف گسترده ای از زیستگاه های دریایی در سواحل خلیج فارس و دریای عمان و سواحل خزر است و یک تاریخچه نسبتا قوی در تحقیقات زیستی و علوم و فنون دریایی دارد، ولی زیرساخت های زیست فناوری قوی و تحقیقاتی در حوزه دریایی کامل نیست. کشت و پرورش جلبک در این زمینه میتواند راهگشا و زود بازده باشد. ظرفیت های فراوانی در کشور برای کشت و پروش جلبک وجود دارد، تغییرات اقلیمی و آب و هوایی در کشور، خشکسالی و عدم دسترسی به منابع آب شیرین کافی، وجود آبهای لب شور و شور در کشور، گستره وسیعی از بیابان و خاکهای غیر قابل کشت در کشور، دسترسی به تابش فراوان نور و فراوانی روزهای آفتابی، نیاز بازار کار خصوصاً برای رشته هایی مانند بیوتکنولوژی، بیوشیمی و ... بازار بزرگ داخلی و بازار کشورهای همسایه و از همه مهم تر نیاز کشور به خروج از اقتصاد تک محصولی و نفتی، ما را ناگزیر به استفاده از ظرفیت ها و صنایع نو مانند جلبک می کند.



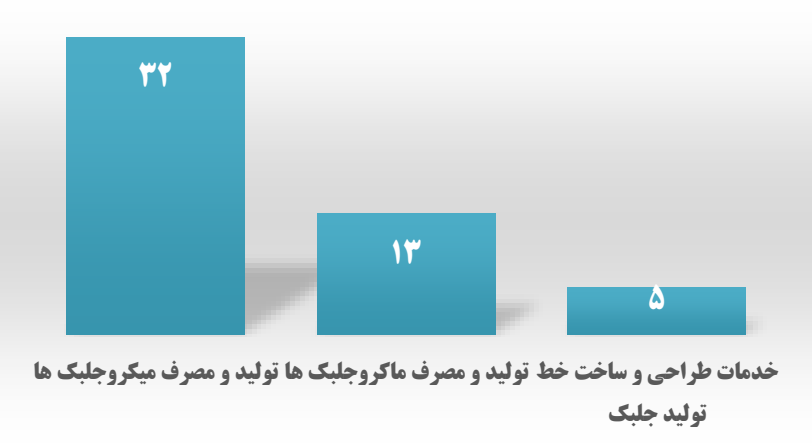
شکل (۵۸-۳) جلبک های دریایی

از طرفی دیگر شناسایی گونه های مختلف میکروجلبک و ماکروجلبک بومی کشور در طی این سالها انجام شده است و انواع سویه های مختلف ریزجلبک در بانک ها جلبکی خصوصی و دولتی نگهداری میشود که قابلیت فعالیت اقتصادی مناسبی دارند، البته گزارش هایی در مورد آلودگی سویه های این بانکها و عدم وجود شرایط مناسب نگهداری سویه ها نیز دریافت شده است که نیازمند بررسی بیشتر است. متاسفانه در زمینه ماکروجلبک مرکز نگهداری و تکثیر نشا وجود ندارد، اما گونه های بومی اقتصادی شناسایی شده اند.

طبق داده های گزارش "گزارش نهایی نشست های تخصصی جهت تبیین راهکارهای عملیاتی برای توسعه فناوری جلبک در کشور" ستاد توسعه زیست فناوری کشور، در حال حاضر بیش از ۶۰ شرکت در زمینه جلبک اعم از رشد و پرورش ماکروجلبک و میکروجلبک و استفاده از جلبک ها در صنایع دیگر و واردات وجود دارد. برای تهیه گزارش مذکور با بیش از ۵۰ شرکت در نقاط مختلف کشور مصاحبه انجام شده است. البته افراد و گروه های زیادی هم هستند که به صورت غیررسمی و در فضای مجازی و یا عطاریها محصولات مرتبط با جلبک علی الخصوص ریزجلبک اسپیرولینا را به فروش می رسانند. از این تعداد شرکت، حدود ۳۲ شرکت در زمینه میکروجلبکها فعالیت دارند، ۱۳ شرکت در حوزه ماکروجلبک فعالیت دارند و ۵ شرکت هم

وب سایت هیات علمی

به ارائه خدمات طراحی و ساخت تجهیزات و خط تولید جلبک به صورت تخصصی پرداخته اند.



شکل (۵۹-۳) شرکت های فعال در حوزه جلبک کشور

بیسـت و یک شـرکت از شـرکتهای فوق، موفق به اخذ تائیدیه دانش بنیان در انواع مختلف (نوپا و تولیدی نوع ۱ و ۲) معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری شده اند. اسامی شرکت های فعال در این حوزه به شرح زیر است:

ردیف	نام شرکت	استان	ردیف	نام شرکت	استان
۱	صنایع غذایی برکه سبز ماد اسیا	مرکزی	۲۶	فناوران نگین علوم زیستی پارس	تهران
۲	مهندسی زیست فناوران هزاره برتر کاسپین	مازندران	۲۷	توسعه فناوری جلبک های خلیج فارس	بوشهر
۳	پارس آب فناوران	تهران	۲۸	سلامت گستران آرایان	اصفهان
۴	خدمات تحقیقاتی آرین گستر	تهران	۲۹	مزرعه شورزیست کویر	یزد
۵	فناوران زیست سبز دریا	هرمزگان	۳۰	خاک آب انرژی زربین	تهران
۶	زیست دریا پروران آناهیتا	هرمزگان	۳۱	توسعه ذخایر زیستی جلبک های فارس	فارس
۷	زیست پالایشگاه قشم	هرمزگان	۳۲	صنایع زیستی سینا پژوهش مغان	تهران
۸	افق سبز استرآباد	گلستان	۳۳	پارس فروغ زاگرس	البرز
۹	تدارکاتی ایرانیان تجهیز کالا	تهران	۳۴	کیمیای باغ طبیعت	هرمزگان
۱۰	پارس تک رخ	خراسان رضوی	۳۵	نور دارو گنبد	گلستان

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۱	زیست نهاده پویا	زنجان	۳۶	تعاونی مزرعه دریایی زرین قشم	هرمزگان
۱۲	داروئی ریحان نقش جهان	اصفهان	۳۷	دریاکاران قشم	هرمزگان
۱۳	نوآوران نگین ارژن	تهران	۳۸	تعاونی دانش بنیان آبزیان کاسپین	مازندران
۱۴	نانو شیمی یاخته	تهران	۳۹	اشبال شیمی	تهران
۱۵	هزاره سوم علوم ملل	تهران	۴۰	فردای سبز ایرانیان (آلگومد)	تهران
۱۶	کیمیاگران ارمغان سبز طبیعت	تهران	۴۱	لابراتوار نلا	آذربایجان شرقی
۱۷	نوین پژوهان دانش راستین	تهران	۴۲	عقیق سبز	اصفهان
۱۸	پیشگامان فراوری جلبک	تهران	۴۳	اکسیر فارمد سلامت	خراسان رضوی
۱۹	ستاره شاخاب قشم	هرمزگان	۴۴	زیست تاب جلبک لیان جنوب	بوشهر
۲۰	سبز سلامت ویستا	تهران	۴۵	سبزینه مارال یزد	یزد
۲۱	زیست پژوهان پالیز	آذربایجان غربی	۴۶	ریزجلبک ققنوس	اصفهان
۲۲	پردا پویش مانا	خراسان رضوی	۴۷	جلبک و آرتیمای ارومیه	آذربایجان غربی
۲۳	خوراک سازان رشد اصفهان	اصفهان	۴۸	سلامت گیاه دریا قشم	هرمزگان
۲۴	تلما ریز جلبک فناور	مازندران	۴۹	دیبا پگاه انرژی	تهران
۲۵	ریز جلبکی پارسیان	گیلان	۵۰	نواوران زیست بنیان آویسا	خوزستان

همچنین در کشور حدود ۴۰ پژوهشکده، دانشکده و پارک علم و فناوری که به صورت عمومی به موضوع زیست شناسی و بیوتکنولوژی دریا می پردازند که محققان زیادی در این مراکز تحقیقاتی در حوزه جلبک فعال هستند. اسامی مراکز تحقیقاتی به شرح زیر است:

ردیف	نام مجموعه	تولیت	شهر	ردیف	نام مجموعه	تولیت	شهر
۱	موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور	وزارت جهاد کشاورزی	تهران	۲۰	دانشکده منابع طبیعی - گروه شیلات	دانشگاه زابل	زابل
۲	پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور	وزارت جهاد کشاورزی	اهواز	۲۱	دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی شهرستان نور - گروه شیلات	دانشگاه تربیت مدرس	نور مازندران
۳	مرکزتحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی	وزارت جهاد کشاورزی	گرگان	۲۲	دانشکده علوم وفناوری زیستی - زیست شناسی و زیست فناوری دریا و آبزیان	دانشگاه شهید بهشتی	تهران
۴	پژوهشکده آبزی پروری آب های داخلی	وزارت جهاد کشاورزی	انزلی	۲۳	دانشکده علوم و فنون دریایی - گروه زیست دریا	دانشگاه هرمزگان	بندرعباس

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

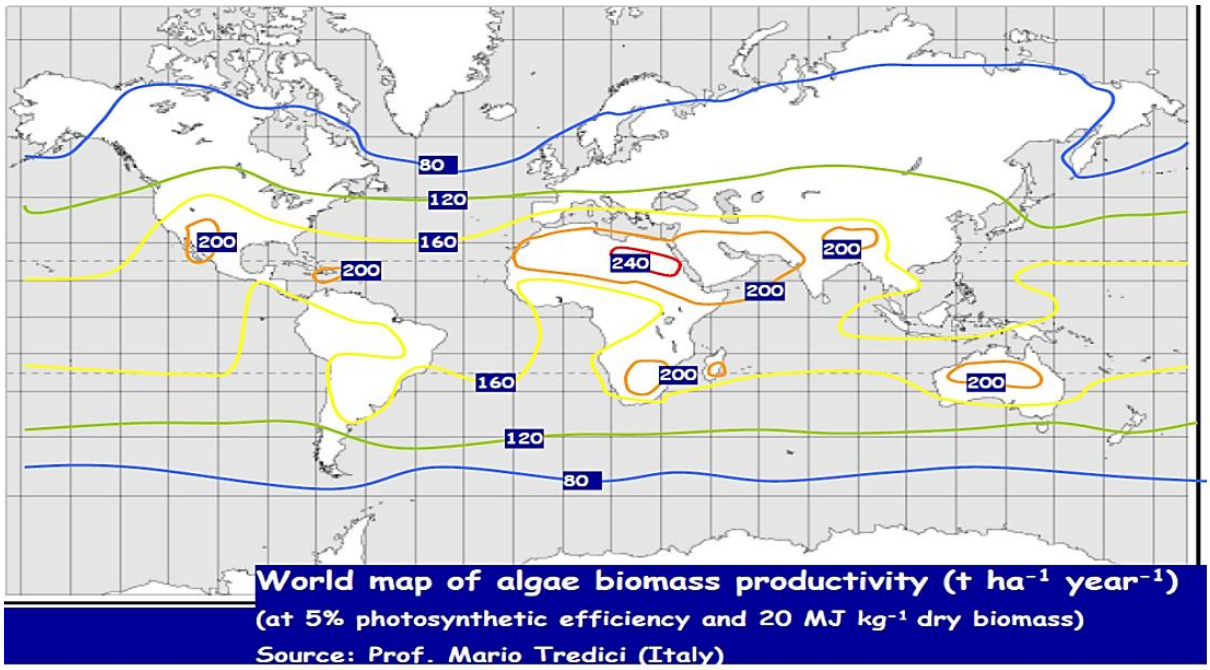
۵	پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان	وزارت جهاد کشاورزی	بندر عباس	۲۴	مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران - بانک میکروارگانیسم	جهاد دانشگاهی	تهران- کرج
۶	مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور	وزارت جهاد کشاورزی	چابهار	۲۵	سایت تحقیقاتی چپکرود	جهاد دانشگاهی	بابل- جویبار
۷	پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه - آرتمیا وآبزی پروری ارومیه	دانشگاه ارومیه	ارومیه	۲۶	پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی-پژوهشکده بیوتکنولوژی صنایع غذایی	جهاد کشاورزی	کرج - تهران
۸	دانشکده مهندسی دریا- مرکز نوآوری، رشد و فناوری دریایی	دانشگاه امیرکبیر	پردیس بندرعب اس	۲۷	انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور	دانشگاه شهید بهشتی	تهران
۹	پارک زیست فناوری خلیج فارس	دانشگاه هرمزگان	قشم	۲۸	مرکز ملی تحقیقات شوری	وزارت جهاد کشاورزی	یزد
۱۰	مرکز زیست فناوری جلبک های خلیج فارس	پارک علم و فناری خلیج فارس	بوشهر	۲۹	دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی- گروه زیست دریا	دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر	خرمشهر
۱۱	دانشکده منابع طبیعی - گروه شیلات	دانشگاه صنعتی اصفهان	اصفهان	۳۰	دانشکده منابع طبیعی دریا - گروه شیلات		
۱۲	دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست- گروه شیلات	دانشگاه فردوسی	مشهد	۳۱	دانشکده کشاورزی - گروه شیلات	دانشگاه تهران	کرج
۱۳	دانشکده منابع طبیعی - گروه شیلات	دانشگاه کردستان	سنندج	۳۲	گروه زیست شناسی دریا		کیش
۱۴	دانشکده منابع طبیعی - گروه شیلات	دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء	بهبهان	۳۳	دانشکده علوم دریایی - گروه شیلات	دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار	چابهار
۱۵	دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست- گروه شیلات	دانشگاه ملایر	ملایر	۳۴	دانشکده علوم دریایی - گروه زیست شناسی دریا		
۱۶	دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین - گروه شیلات و محیط زیست	دانشگاه شهرکرد	شهرکرد	۳۵	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی - گروه شیلات و جنگل	دانشگاه گنبد کاووس	گنبدکاوو س
۱۷	دانشکده علوم و فنون دریایی - گروه شیلات ، گروه زیست فناوری دریا	دانشگاه خلیج فارس	بوشهر	۳۶	دانشکده علوم پایه - گروه زیست دریا		

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۸	دانشکده علوم دامی و شیلات	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	ساری	۳۷	پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر- گروه پژوهشی علوم دریایی	دانشگاه گیلان	رشت- صومعه سرا
۱۹	دانشکده شیلات و محیط زیست	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	گرگان	۳۸	دانشکده منابع طبیعی - گروه شیلات		

با بررسی موقعیت جغرافیایی مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی فعال در حوزه زیست شناسی دریا و همچنین ظرفیت های کشور پتانسیل کار در این حوزه در مناطق مختلف بسیار بالاست، اما با توجه به نقشه تقسیم بندی محیطی برای تولید جلبک و ظرفیت های ایجاد شده نظیر پارک علم و فناوری قشم و یا مرکز زیست فناوری جلبک های خلیج فارس در بوشهر هم چنین سواحل بکر سیستان و بلوچستان، بالاترین ظرفیت بالقوه و حتی بالفعل برای پروش جلبک به حساب می آیند. در نقشه زیر تقسیم بندی محیطی جهان از نظر راندمان تولید جلبک (تناژ بیومس تولیدی به ازای هر هکتار زمین در سال) آورده شده است. طبق این برآورد خط ساحلی جنوبی کشور ظرفیت تولید ۲۰۰ تن در هکتار در سال را دارد.

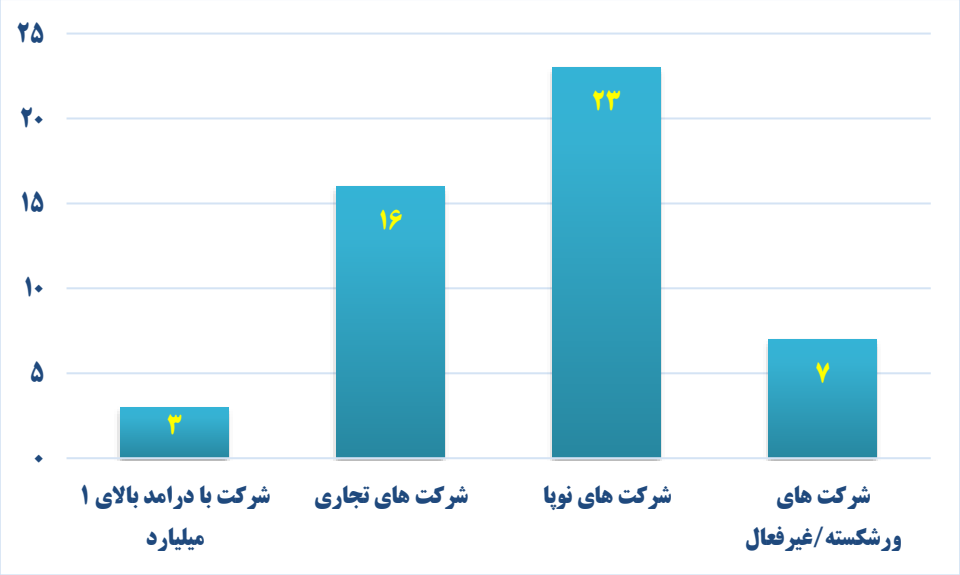


شکل (۶۰-۳) تقسیم بندی محیطی جهان از نظر راندمان تولید جلبک (تناژ بیومس تولیدی به ازای هر هکتار زمین در سال)

شرکت های حوزه جلبک در کشور اغلب در مرحله رشد قراردارند و کمتر تجاری سازی شده اند، در حال حاضر تنها ۴ شرکت درآمدی بالای ۱ میلیارد داشته اند که ۳ شرکت از آن ها در زمینه واردات فعال هستند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۶۱-۳) وضعیت شرکت های حوزه جلبک کشور

عموم شرکت های کشور در حوزه های تولید پودر (Biomass) و مصارف آرایشی و بهداشتی فعال هستند، البته بسیاری از شرکت در زمینه های مختلف فعالیت دارند اما اگر فعالیت اصلی(با درآمد بیشتر و هدف نهایی شرکت) را در نظر بگیریم، به جدول زیر میتوان رسید.

جدول (۲۶-۳) حوزه فعالیت شرکت های در زمینه جلبک درکشور

ردیف	حوزه فعالیت	تعداد شرکت
۱	تولید پودر جلبک (دام و آبزی پروری)	۱۴
۲	آرایشی بهداشتی	۱۱
۳	نگهداری و فروش سویه	۵
۴	تولید قرص (مکمل انسانی)	۵
۵	کود و کشاورزی	۵
۶	خدمات و مشاوره	۵
۷	تولیدفراورده های غذایی و رنگدانه	۳
۸	سایر موارد	۲

در جدول زیر تخمین میزان بازار و نوع تامین محصولات مختلف جلبک و فرآورده های آن آمده است (اعداد به میلیارد تومان). البته این اعداد حدودی است و از مطالعه داده های گمرک، طرح های امکان سنجی تولید محصولات جلبک و میزان فروش شرکت های فعال بدست آمده است. نکته مهم در خصوص میزان بازار این است که حوزه جلبک در کشور ناشناخته است و به دلیل نوپا بودن این مسئله در کشور، میزان بازار فعلی، یک بازار حداقلی است و ظرفیت بازار حوزه جلبک فراتر از رقم اعلامی در جدول زیر است. علت اصلی این است که واردات این فرآورده ها در کشور با ارزبری قابل توجهی مواجه است و بسیاری از صنایع، به فرض مثال، صنایع غذایی، به دلیل بالا بودن هزینه واردات هیدروکلوئید ها، مصرف موادی از این دست را محدود کرده و صنعت در این حوزه پیشرفت کمی داشته است. همین مثال برای حوزه دارو ها و مکمل های انسانی و یا کودهای کشاورزی نیز صادق است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محصولات جلبک	بازار فعلی (میلیارد دلار)	تولیدکننده داخلی	واردات (میلیارد دلار)	توضیحات
پودر جلبک (اسپیرولینا، کلرلا و...) مصرف انسانی	۲۷	۰	۲۷	به طور معمول شرکت ها پودر را وارد میکنند و در داخل کشور تبدیل به قرص میکنند،تولید کننده پودر انسانی با مجوز غذا و دارو که در حال حاضر در بازار فعال باشد، هنوز در کشور وجود ندارد.
پودر جلبک (اسپیرولینا، کلرلا و...) مصرف حیوانی و آبزی پروری	۴.۲	۳.۲	۱	-
استفاده از جلبک ها در آرایشی و بهداشتی	۸	۲	۶	بیشترین میزان محصولات قاچاق و فروش مجازی در این حوزه است.
کود	۱۵۰	۱۰	۱۴۰	اکثرا ماکرو جلبک آب های سرد
استخراج مواد خاص، رنگدانه ها و پروتئین از میکروجلبک ها	۱۸	۰	۱۸	بتاکاروتن، فیکوسیانین، کلروفیل، امگا ۳ و ...
استخراج مواد و فرآوری آن ها از ماکروجلبک ها	۵۲	۰	۵۲	آگار، کاراگیان، آلژینات و ...
جمع (میلیارد تومان)	۲۵۹	۱۵.۲	۲۴۴	

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۴:

حوزه‌های ترند زیست فناوری صنعتی در ایران و جهان

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱-۴- متدلوژی شناسایی حوزه‌های ترند

شناسایی حوزه‌های ترند در زیست‌فناوری صنعتی، نیازمند اتخاذ یکمتدولوژی چندلایه و همگرا است تا اطمینان حاصل شود که حوزه‌های منتخب، نه تنها از نظر فنی نوآورانه، بلکه از نظر اقتصادی و استراتژیک نیز دارای بالاترین پتانسیل در بازار ایران هستند. به همین منظور، این مطالعه از یک چارچوب تحلیلی جامع استفاده می‌کند که نتایج حاصل از پنج منبع اطلاعاتی کلیدی را به یکدیگر پیوند می‌زند: چرخه بلوغ فناوری (TMCL) برای ارزیابی ریسک و آمادگی فنی، تحلیل نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) برای کمی‌سازی پتانسیل اقتصادی جهانی، بررسی ترندهای علمی (مقالات و پتنت‌ها) برای ردیابی نوآوری‌های پیشرو و دارای حمایت حقوقی، تحلیل رویکرد شرکت‌های بزرگ تجاری برای درک جهت‌گیری‌های استراتژیک صنعت و پایش اکوسیستم استارتاپی برای شناسایی حوزه‌هایی که بیشترین جذب سرمایه خطرپذیر (VC) را داشته‌اند. این همگرایی داده‌ها، امکان استخراج حوزه‌های ترندی را فراهم می‌آورد که در تقاطع بلوغ فنی، تقاضای بازار و حمایت سرمایه‌گذاری قرار دارند. نهایت دقت و تمرکز این متدولوژی بر این است که نتایج جهانی با ارزیابی دقیق پتانسیل و کشش بازار بومی ایران تعدیل و اعتبارسنجی شود تا حوزه‌های نهایی انتخابی، نه صرفاً روندهای تئوری، بلکه فرصت‌های عملیاتی و سودآور را در محیط اقتصادی-اجتماعی کشور منعکس کنند. منابع مورداستفاده برای شناسایی حزوه های ترند در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل (۱-۴) متدلوژی انتخاب ترندهای زیست فناوری

علاوه بر این، یکی از مواردی که کمبود آن به شدت در کشور و در حوزه بیوتکنولوژی احساس می‌گردد. عدم وجود پایگاه داده جامع و قابل استناد برای بررسی و مشاهده روند بازار، پتانسیل و نیاز بازار و تغییرات قیمت بازار در بازه‌های مختلف زمانی

https://heiatelmi.ir

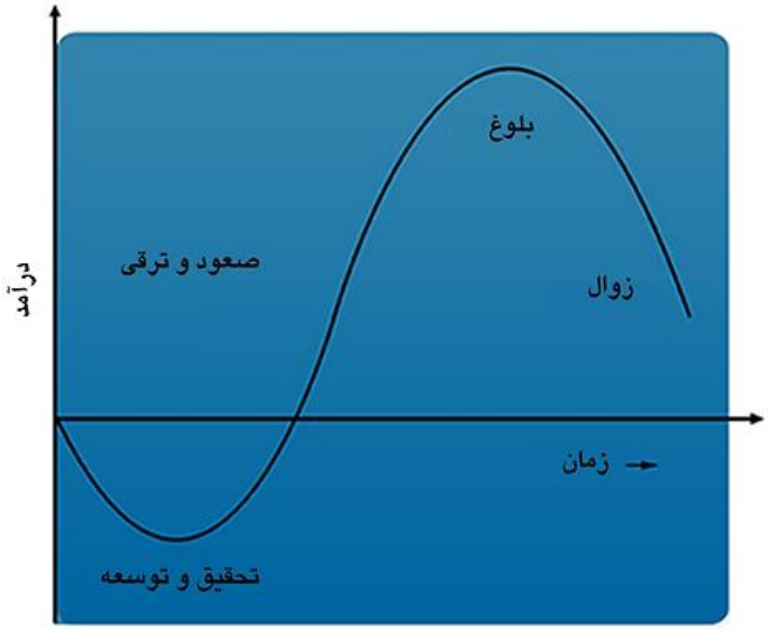
اســـت. یکی از نمونه‌های موفق این پژوهش گزارش‌های ســـایت Feed Additive اســـت که با اپدیت های خود، روند بازارهای ویتامین‌ها، آمینواسیدها و سایر مواد خوراک دام در جهان را به صورت مفصل بررسی می‌کند. نمونه‌ای از گزارش این شرکت در فایل پیوســت بیان شـده اسـت. بنابراین یکی از تمرکزهای کشـور در حوزه بیوتکنولوژی می‌تواند رصـد بازار به منظور بررســی پتانسیل، نیاز و ظرفیت بازار و تقاضای محصولات اساسی و یافتن فرصت‌های پیش رو صنعت باشد.

وب سایت هیات علمی

۲-۱-۴- چرخه بلوغ فناوری

در عصر حاضر، که با شتاب روزافزون نوآوری‌های علمی و فنی شناخته می‌شود، درک و مدیریت فرآیند تکامل یک فناوری از مرحله ایده تا مرحله کاربری گسترده و در نهایت، جایگزینی، برای سازمان‌های تحقیقاتی، صنعتی و دولت‌ها امری حیاتی است. چرخه بلوغ فناوری[1] چارچوبی مفهومی و استراتژیک را ارائه می‌دهد که این مسیر تکاملی را به صورت نظام‌مند توصیف می‌کند. این چرخه، که اغلب با منحنی S-شکل نمایش داده می‌شود، به مدیران، سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا با ارزیابی دقیق میزان آمادگی و ریسک‌پذیری مرتبط با یک فناوری خاص، منابع خود را به طور مؤثری تخصیص دهند و زمان‌بندی مناسبی برای ورود به بازار، سرمایه‌گذاری یا خروج از یک حوزه فناوری تعیین کنند. این مدل، که تحت عناوینی چون چرخه حیات فناوری و به ویژه سطح آمادگی فناوری (TRL) نیز شناخته می‌شود، ابزاری تحلیلی برای سنجش پیشرفت فناوری‌ها در طول زمان است.

چرخه بلوغ فناوری را می‌توان به طور کلی به چهار مرحله اصلی تقسیم کرد که هر یک ویژگی‌های منحصر به فردی در زمینه‌های تحقیق و توسعه (R&D)، ریسک، سرمایه‌گذاری و نفوذ در بازار دارند.



شکل (۲-۴) نمودار کلی چرخه بلوغ فناوری

مرحله اول: نوآوری و تحقیقات پایه[2]

این مرحله، نقطه تولد یک فناوری است که با فعالیت‌های تحقیق و توسعه (R&D) آغاز می‌شود. در این فاز، مفاهیم علمی اساسی و پتانسیل‌های نظری یک ایده مورد کاوش قرار می‌گیرند. سطح بلوغ فناوری در پایین‌ترین حد قرار دارد و اغلب با سطوح ۱ تا ۳ از مدل TRL (مشاهده اصول پایه، فرموله‌سازی مفهوم تکنولوژیکی و اثبات آزمایشی مفهوم) مطابقت دارد. ویژگی بارز این مرحله، ریسک بسیار بالا، عدم قطعیت زیاد و هزینه‌های فزاینده بدون بازدهی تجاری ملموس است. تمرکز

[1] Technology Maturity Life Cycle

[2] Introduction/R&D Phase

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اصلی بر اثبات امکان‌پذیری فنی[1] است و اغلب منجر به ساخت مدل‌های آزمایشگاهی[2] می‌گردد. نتایج این مرحله، به شدت به تحقیقات دانشگاهی و حمایت‌های دولتی وابسته است.

مرحله دوم: رشد و تجاری‌سازی[3]

هنگامی که امکان‌پذیری فنی یک فناوری اثبات شد، وارد مرحله رشد می‌شود. در این فاز، تمرکز از تحقیقات پایه به توسعه و مهندسی سیستم منتقل می‌شود. سطح بلوغ فناوری از TRL 4 تا TRL 7 افزایش می‌یابد، به طوری که نمونه‌های اولیه آزمایشگاهی به نمونه‌های اولیه قابل استفاده در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده یا عملیاتی مرتبط تبدیل می‌شوند. ریسک فنی کاهش می‌یابد اما ریسک تجاری همچنان بالاست. شرکت‌ها و استارت‌آپ‌ها شروع به سرمایه‌گذاری‌های سنگین برای مقیاس‌دهی، توسعه محصول و نفوذ اولیه در بازار می‌کنند. نرخ پذیرش در میان پذیرندگان اولیه[4] افزایش می‌یابد و اولین درآمدهای تجاری حاصل می‌شود. نوآوری‌های اصلی[5] در این مرحله شکل می‌گیرند.

مرحله سوم: بلوغ و تثبیت[6]

مرحله بلوغ زمانی فرا می‌رسد که فناوری به اوج عملکرد فنی و حداکثر نفوذ در بازار رسیده باشد (TRL 8 و TRL 9: اثبات سیستم در محیط عملیاتی و رقابت‌پذیر). در این دوره، رشد بازار کند شده و به ثبات می‌رسد و رقابت به شدت فشرده می‌شود. نوآوری‌ها عمدتاً افزایشی[7] هستند و بر بهبود کارایی، کاهش هزینه تولید، تنوع بخشیدن به محصول و افزایش کیفیت تمرکز دارند. این مرحله بیشترین سوددهی را برای شرکت‌هایی دارد که جایگاه خود را تثبیت کرده‌اند. تصمیم‌گیران در این فاز بر بهینه‌سازی عملیات، حفظ سهم بازار و دفاع در برابر رقبا متمرکز هستند. اشباع بازار یکی از مشخصه‌های کلیدی این مرحله است.

مرحله چهارم: افول و جایگزینی[8]

مرحله نهایی زمانی آغاز می‌شود که یک فناوری جدید و جایگزین با عملکرد و کارایی بهتر وارد بازار شود و فناوری موجود را به تدریج منسوخ سازد. در این مرحله، فروش و سوددهی فناوری قدیمی شروع به کاهش می‌کند. شرکت‌ها باید استراتژی حذف تدریجی[9] یا نوآوری مجدد برای افزایش طول عمر فناوری را در پیش بگیرند. این فاز به دلیل کاهش منابع، کاهش انگیزه برای بهبود و تلاش برای حفظ مشتریان باقی‌مانده، چالشی است. در نهایت، فناوری به سمت منسوخ شدن پیش می‌رود و جای خود را به نسل جدید می‌سپارد.

یکی از ابزارهای استاندارد و پرکاربرد برای سنجش کمی بلوغ فناوری، مدل سطح آمادگی فناوری (TRL) است که اولین بار توسط سازمان فضایی ناسا (NASA) در دهه ۱۹۸۰ مطرح شد. TRL یک معیار نه سطحی است که یک مسیر ساختاریافته را برای ارزیابی پیشرفت فناوری از تحقیقات اولیه تا استقرار در محیط عملیاتی فراهم می‌کند. این مدل به ویژه در پروژه‌های

---

1 Feasibility

2 Proof-of-Concept

3 Growth/Ascent Phase

4 Early Adopters

5 Radical Innovations

6 Maturity Phase

7 Incremental Innovations

8 Decline/Substitution Phase

9 Decommissioning

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

پیچیده و پرخطر به منظور مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری در مورد انتقال فناوری نقش محوری دارد. جدول زیر ارتباط بین چرخه بلوغ فناوری و TRL آن را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۴) ارتباط بین چرخه بلوغ فناوری و سطوح TRL

چرخه بلوغ فناوری	سطح آمادگی فناوری (TRL)	توصیف سطح آمادگی فناوری	ریسک فنی و تجاری	تمرکز اصلی
نوآوری و تحقیقات پایه (Introduction/R&D)	TRL 1	مشاهده و گزارش اصول پایه‌ای و نظری	بسیار بالا	اثبات مفهوم علمی (Proof-of-Concept)
	TRL 2	فرموله‌سازی مفهوم تکنولوژیکی و کاربرد عملی	بسیار بالا	تعریف کاربردها و مفاهیم اولیه
	TRL 3	اثبات آزمایشی مفهوم (تست در محیط آزمایشگاهی)	بالا	اثبات امکان‌پذیری فنی
رشد و تجاری‌سازی (Growth/Ascent)	TRL 4	توسعه اجزا و زیرسیستم‌ها در محیط آزمایشگاهی یکپارچه	متوسط رو به بالا	توسعه نمونه اولیه آزمایشگاهی (Lab Prototype)
	TRL 5	آزمایش نمونه اولیه در محیط شبیه‌سازی‌شده مربوطه	متوسط	تأیید عملکرد در محیط شبیه‌سازی‌شده
	TRL 6	اثبات نمونه اولیه پیشرفته در محیط عملیاتی مرتبط	متوسط رو به پایین	مهندسی و آمادگی برای مقیاس‌دهی (Scale-up)
بلوغ و تثبیت (Maturity)	TRL 7	نمایش نمونه اولیه سیستم عملیاتی در محیط عملیاتی واقعی	پایین	اثبات سیستم در شرایط عملیاتی
	TRL 8	تکمیل و واجد شرایط شدن سیستم/محصول نهایی	بسیار پایین	تولید نهایی و تست قابلیت اطمینان
افول و جایگزینی (Decline/Substitution)	TRL 9	راه‌اندازی موفقیت‌آمیز سیستم در محیط عملیاتی (کاربری رقابتی)	بسیار پایین	تولید انبوه و حضور در بازار (پایان چرخه فناوری)
	پایان عمر	منسوخ شدن فناوری و جایگزینی با نسل جدید	متغیر (اغلب تجاری)	مدیریت خروج و حذف تدریجی (Decommissioning)

از منظر آکادمیک، چرخه بلوغ فناوری ابزاری برای درک دینامیک نوآوری و اثر آن بر ساختارهای صنعتی است. از منظر صنعتی، این چرخه یک نقشه راه استراتژیک را برای مدیریت سبد فناوری‌های یک شرکت فراهم می‌کند؛ به طوری که مشخص می‌شود کدام فناوری‌ها نیاز به تحقیق پایه دارند، کدام‌ها آماده تجاری‌سازی هستند و کدام‌ها در معرض خطر جایگزینی قرار دارند. درک صحیح این چرخه، رقابت‌پذیری بلندمدت سازمان را تضمین می‌کند.

در این گزارش، برای دستیابی به حوزه‌های ترند در حوزه زیست‌فناوری صنعتی، از یک رویکرد تحلیلی و نظام‌مند مبتنی بر چرخه بلوغ فناوری (TMCL) استفاده شده است. هدف از این متدولوژی تعیین جایگاه استراتژیک هر ترند بر اساس میزان آمادگی فناوری (TRL) و پتانسیل تجاری آن با توجه به بازار ایران بوده است.

دلیل انتخاب و به‌کارگیری متدولوژی تحلیل چرخه بلوغ فناوری (TMCL) برای استخراج ترندهای استراتژیک در گزارش

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

حاضر، ریشه در نیاز به یک رویکرد تحلیلی نظام‌مند و مبتنی بر شواهد در مدیریت نوآوری دارد که از ابهامات جستجوهای صرفاً بر اساس فراوانی کلمه فراتر رود. این متدولوژی ترندهای استخراج‌شده را از حالت واژگان منفرد خارج کرده و به نشانگرهای استراتژیک تبدیل می‌کند که تصویر واضحی از موقعیت فنی و تجاری فناوری‌های زیستی ارائه می‌دهند. بررسی بلوغ چرخه فناوری اجازه می‌دهد تا ترندها نه تنها بر اساس حجم جستجو، بلکه بر اساس جایگاه استراتژیک و ریسک مرتبط دسته‌بندی شوند. ترندهایی که در مراحل اولیه قرار دارند، برای تحقیق و پیش‌بینی ضروری‌اند، در حالی که ترندهای مرحله رشد برای سرمایه‌گذاری و توسعه محصول حیاتی هستند. ترندهای مرحله بلوغ نیز برای بهره‌برداری حداکثری و دفاع از بازار اهمیت دارند. این روش تضمین می‌کند که تصمیم‌گیرندگان در زیست‌فناوری صنعتی، از مفاهیم تحقیقاتی در حال ظهور تا محصولات تثبیت‌شده، دارای یک دیدگاه جامع و ساختاریافته باشند.

۳-۱-۴- نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR)

نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) به عنوان یک شاخص مالی-تحلیلی، نقشی محوری در ارزیابی عملکرد تاریخی و پیش‌بینی روندهای آتی در تحقیقات بازار ایفا می‌کند .این معیار، نشان‌دهنده‌ی میانگین نرخ بازدهی سالانه‌ای است که یک سرمایه‌گذاری یا شاخص اقتصادی در یک دوره‌ی زمانی مشخص به دست آورده است، با فرض اینکه سود در طول دوره مجدداً سرمایه‌گذاری شده و به صورت مرکب رشد کرده باشد .فرمول محاسباتی CAGR به محقق این امکان را می‌دهد که صرفاً به تغییرات ساده‌ی نقطه‌ای اکتفا نکرده و یک نرخ رشد هموار و یکنواخت را استخراج کند، که نوسانات شدید سالانه را نادیده می‌گیرد و مقایسه‌ی عملکرد در بازه‌های زمانی مختلف را تسهیل می‌کند.

نرخ رشد مرکب سالانه از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CAGR = (\frac{Ending\ Value}{Begining\ Value})^{\frac{1}{Number\ of\ period}} - 1$$

که در آن Ending Value ارزش نهایی شاخص مورد نظر (مثلاً درآمد در سال پنجم)، Beginning Value ارزش اولیه (درآمد در سال اول) و Number of Periods تعداد سال‌ها یا دوره‌های زمانی است. این خروجی، به صورت یک نرخ درصد سالانه بیان می‌شود.

تفاوت کلیدی CAGR با میانگین حسابی نرخ رشد سالانه (AAGR) در لحاظ کردن اثر ترکیب[1] است. AAGR صرفاً میانگین نرخ‌های رشد در هر سال را محاسبه می‌کند، در حالی که CAGR یک نرخ هندسی ثابت را برای بازه‌ی زمانی تعریف‌شده استخراج می‌کند که اگر در هر سال اعمال می‌شد، ارزش اولیه را به ارزش نهایی می‌رساند .این ویژگی، CAGRرا به ابزاری قدرتمند برای دو هدف اصلی در تحقیق تبدیل می‌کند:

۱. ارزیابی عملکرد بلندمدت CAGR :دیدگاهی جامع در مورد مسیر رشد در یک دوره‌ی پنج یا ده ساله ارائه می‌دهد .برای مثال، تحلیل CAGR درآمد یک بخش فناوری نشان می‌دهد که آیا رشد مشاهده‌شده یک جهش ناگهانی و کوتاه‌مدت بوده یا یک روند ساختاری و پایدار.

۲. استانداردسازی مقایسه :هنگام مقایسه‌ی نرخ رشد بازارهای مختلف با دوره‌های زمانی متفاوت، CAGRمعیار استانداردی فراهم می‌کند که «مقایسه متناظر را امکان‌پذیر می‌سازد و از سوگیری‌های ناشی از نوسانات دوره‌ای

[1] Compounding

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جلوگیری می‌کند.

در فرآیند ترندیابی برای یک پروژه‌ی تحقیقاتی با اهداف تجاری، CAGR نه تنها یک عدد، بلکه یک سیگنال قوی برای پتانسیل مالی و مقیاس‌پذیری حوزه‌ی مورد بررسی است. استفاده از CAGR برای این گزارش به دلایل زیر بوده است:

- تشخیص بازارهای پرکشش[1]: برای بررسی دقیق بازار باید تمرکز بر بخش‌هایی باشد که دارای بالاترین و پایدارترین CAGRدر حوزه‌ی مورد نظر هستند. ترندهای اصلی تحقیق باید مستقیماً با فناوری‌ها و مدل‌های کسب‌وکار موجود در این حوزه‌های پررشد مرتبط باشند.
- تحلیل رشد رقبا و نوآوری: بررسی CAGR درآمد، سود یا سهم بازار شرکت‌های رقیب، نقاط قوت و حوزه‌های تمرکز استراتژیک آن‌ها را فاش می‌کند. اگر محصولی با CAGR بالاتر از میانگین صنعت در حال رشد است، این امر نشان می‌دهد که نوآوری‌های تولیدکنندگان در حوزه‌ای خاص موفق بوده است .
- اعتبارسنجی فرضیات تحقیق: در مراحل اولیه، فرضیات پژوهش در مورد تقاضای بازار باید با داده‌های عینی تقویت شوند .یک CAGR قوی، فرضیه‌ی وجود فرصت تجاری قابل توجه را تأیید می‌کند و مسیر پژوهش را از تئوری به سمت راه‌حل‌های عملی و دارای کشش بازار هدایت می‌کند.

به طور خلاصه، CAGR کمک می‌کند تا منابع محدود بر روی حوزه‌هایی متمرکز شود که نه تنها جدید هستند، بلکه شتاب رشد مالی آن‌ها نیز از نظر تاریخی به اثبات رسیده است. در این گزارش برای بررسی ترندها، به VAGR هر صنعت نیز توجه شده است.

۴-۱-۴- بررسی مقالات علمی و پتنت‌های تجاری

تحلیل مقالات علمی و ترندهای بازار، فرآیندی دوگانه است که برای تدوین ترندهایی با اعتبار آکادمیک و ارزش تجاری حیاتی است. این فرآیند مستلزم جستجوی هدفمند در پایگاه‌های داده‌ی معتبر و همچنین درک عمیق از پویایی‌های بازار داخلی ایران است. به این منظور و برای بررسی ترندهای زیست فناوری صنعتی در جهان از مقالات علمی و پتنت‌های منتشر شده، استفاده شده است.

هدف از این مرحله، ترسیم نقشه‌ی کامل وضعیت موجود دانش[2] و شناسایی شکاف‌های پژوهشی است. برای بررسی مقالات، از سایت‌های معتبر مقاله استفاده شده است. مراجع اصلی برای جستجوی مقالات به شرح زیر است.

۱. Scopus (Elsevier) و Web of Science (Clarivate) این دو پایگاه داده به دلیل پوشش جامع و ابزارهای استنادی پیشرفته، اولین مراجع محققان آکادمیک محسوب می‌شوند. در این پایگاه‌های داده، با استفاده از تحلیل استنادها[3]، می‌توان مقالات مرجع و تأثیرگذار[4] در حوزه‌ی موردنظر را شناسایی نمود. تمرکز بر نویسندگان پرکار و ژورنال‌های با ضریب تأثیر بالا[5] در یک حوزه‌ی تخصصی، به سرعت حوزه‌های کلیدی و فرعی را مشخص می‌کند.

---

[1] High-Traction Markets

[2] State-of-the-Art

[3] Citation Analysis

[4] High-Impact Papers

[5] Impact Factor

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲. Google Scholar: این موتور جستجوی گسترده، امکان دسترسی به متون خاکستری[1] مانند گزارش‌های فنی، پایان‌نامه‌ها و متون کنفرانس‌ها را فراهم می‌کند که اغلب شامل آخرین ترندها و ایده‌های نوظهور هستند که هنوز به ژورنال‌های رسمی راه نیافته‌اند.

ترندهای علمی با افزایش ناگهانی و پایدار در تعداد انتشارات در یک موضوع خاص تعریف می‌شوند. با استفاده از ابزارهای تحلیل محتوای متون با قابلیت‌های داخلی پایگاه داده، خوشه‌های ترندای را که در سه تا پنج سال گذشته بیشترین شتاب رشد را داشته‌اند، شناسایی می‌شود.

بررسی پتنت‌ها روشی ضروری و دقیق برای یافتن ترندهایی است که نه تنها ایده‌ی جدیدی را مطرح می‌کنند، بلکه از نظر فنی قابل دفاع و از نظر حقوقی محافظت‌شده هستند .پتنت‌ها، به عنوان اسناد حقوقی ثبت اختراعات، حاوی جزئیات فنی دقیق و ادعاهایی هستند که مرزهای نوآوری را تعیین می‌کنند.

متدولوژی استفاده از پایگاه‌های داده پتنت (Patent) برای استخراج ترندهای استراتژیک، یک رویکرد رسمی، آکادمیک و حیاتی در حوزه تحلیل فناوری و مالکیت فکری (IP) است. این فرآیند ساختاریافته، بر مبنای تحلیل دقیق اسناد حقوقی و فنی استوار است و امکان شناسایی نوآوری‌های در شُرُف ظهور، فناوری‌های اصلی رقیب، و جهت‌گیری‌های آتی بازار را فراهم می‌سازد. دلیل استفاده از پتنت‌ها برای استخراج ترندها، به طور مفصل در سه محور اصلی (۱)اعتبار اطلاعات، (۲) قابلیت پیش‌بینی و (۳) ارزش اقتصادی اسناد پتنت متمرکز هستند. این ویژگی‌ها، تحلیل پتنت را به یک ابزار ضروری در تحقیقات فناوری تبدیل می‌کنند و مبنای محکمی برای تصمیم‌گیری استراتژیک فراهم می‌سازند.

- اعتبار فنی و دقت حقوقی بالای اطلاعات

تحلیل پتنت بر پایه‌ای از اعتبار فنی و دقت حقوقی استوار است که در سایر منابع اطلاعاتی کمتر یافت می‌شود. پتنت‌ها، به خلاف مقالات علمی که ممکن است حاوی مفاهیم صرفاً نظری باشند، اسنادی رسمی، قانونی و موثق محسوب می‌شوند. هر سند پتنت پیش از ثبت، باید توسط ممتحنین پتنت که متخصصان فنی آن حوزه هستند، ارزیابی شده و معیار اصلی داشتن گام اختراعی را احراز کند. این فرآیند سخت‌گیرانه تضمین می‌کند که ترندهای استخراج‌شده، صرفاً اصطلاحات عمومی نیستند؛ بلکه بیانگر مفاهیم فنی واقعی و عملیاتی هستند که قابلیت پیاده‌سازی دارند. علاوه بر این، ادعاهای پتنت، به طور دقیق مرزهای حقوقی مالکیت فکری را تعیین می‌کنند؛ بنابراین، ترندهایی که از این بخش‌ها استخراج می‌شوند، مستقیماً به اجزا، مراحل، یا ترکیبات حیاتی اشاره دارند که توسط مخترع برای کسب انحصار در بازار انتخاب شده‌اند، که این امر اعتبار و اهمیت استراتژیک آن‌ها را دوچندان می‌سازد.

- نقش کلیدی در پیش‌بینی و شناسایی فناوری‌های نوظهور

تحلیل پتنت یک استراتژی پیشگامانه است، زیرا اسناد پتنت عموماً پیش از انتشار در ادبیات علمی یا تجاری‌سازی کامل در بازار منتشر می‌شوند. این امر، پتنت‌ها را به نشانگرهای پیشرو قدرتمندی تبدیل می‌کند. شرکت‌ها برای حفاظت از مزیت رقابتی، اختراعات خود را در مراحل اولیه توسعه (معادل TRL پایین تا متوسط) ثبت می‌کنند. این ویژگی امکان استخراج ترندهای مرتبط با فناوری‌های نوظهور و گرایش‌های فنی آتی را بیان می‌کند. با تحلیل روند ثبت پتنت‌ها، می‌توان پیش‌بینی کرد که کدام حوزه‌های فنی در حال دریافت حمایت مالی و قانونی هستند که نشان

[1] Grey Literature

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

می‌دهد شرکت‌های بزرگ، آینده را در گرو آن ترندها می‌بینند و این داده‌ها در زمان‌بندی استراتژیک سرمایه‌گذاری بسیار حیاتی است.

- تمرکز بر ارزش تجاری و اقتصادی

هدف نهایی فرآیند پتنت، ایجاد یک مزیت اقتصادی انحصاری است، که این موضوع ترندهای استخراج‌شده را از نظر تجاری بسیار باارزش می‌سازد. برخلاف ادبیات علمی که هدف اصلی آن پیشرفت دانش است، هدف پتنت، تضمین حق انحصاری و ایجاد انحصار بازار است. این تعهد مالی قوی برای ثبت و حفظ پتنت، تأیید می‌کند که ترندهای استخراج‌شده، مفاهیم یا فرآیندهای دارای ارزش اقتصادی بالایی در صنعت مربوطه هستند. علاوه بر این، با تحلیل پتنت‌های ثبت‌شده توسط بازیگران اصلی بازار، محقق می‌تواند ترندهای مربوط به شکاف‌های فناورانه و حوزه‌های فاقد مالکیت فکری را کشف کند. این ترندها مستقیماً فرصت‌های جدید برای تحقیق و توسعه یا سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهند و تحلیل پتنت را به یک فرآیند تصمیم‌گیری آگاهانه و استراتژیک در زمینه تجارت تبدیل می‌کنند.

برای اجرای این متدولوژی، دسترسی به پایگاه‌های داده جامع ضروری است. منابع اصلی برای استخراج این ترندهای حیاتی شامل موارد زیر هستند:

- Google Patents: یک ابزار جستجوی رایگان و عمومی که با رابط کاربری ساده، امکان جستجوی عبارات طبیعی و دسترسی آسان به پتنت‌های جهانی را فراهم می‌کند.
- Espacenet (دفتر ثبت اختراعات اروپا - EPO): یک پایگاه داده رسمی، رایگان و بسیار معتبر که پوشش گسترده‌ای از پتنت‌های بیش از ۹۰ کشور را ارائه می‌دهد و امکان فیلترگذاری تخصصی با استفاده از کد IPC را دارد.
- USPTO (دفتر ثبت اختراعات و نشان تجاری ایالات متحده): منبع اصلی پتنت‌های ایالات متحده که برای تحلیل عمیق نوآوری‌ها در بازار آمریکای شمالی حیاتی است.
- WIPO Patentscope (سازمان جهانی مالکیت فکری): این ابزار به طور خاص برای جستجوی پتنت‌های بین‌المللی (PCT) که نشان‌دهنده نوآوری‌های با پتانسیل جهانی شدن هستند، استفاده می‌شود.
- Derwent Innovation/Clarivate Analytics: یک ابزار تجاری پیشرفته که علاوه بر دسترسی به مجموعه داده‌های جامع، قابلیت‌های تحلیلی قوی مانند نقشه‌برداری فناوری (Technology Mapping) و تحلیل روند دقیق ترندها را در اختیار محقق قرار می‌دهد.

۵-۱-۴- بررسی محصولات و روند کاری شرکت‌های بزرگ تجاری

بررسی محصولات و روند کاری شرکت‌های بزرگ تجاری روشی برای استخراج تقاضای اثبات‌شده بازار و ترندهای بهینه‌سازی مقیاس است. تحقیق در حوزه‌ی زیست فناوری صنعتی، که هدف آن خلق ارزش کاربردی و تجاری است، نیازمند شناسایی دقیق مسیرهای سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگ و تثبیت‌شده‌ی صنعتی است. متدولوژی مورد استفاده در این بخش بر این مبنا استوار است که تصمیمات سرمایه‌گذاری کلان این شرکت‌ها، به منزله‌ی تأییدیه نهایی بر اعتبار و مقیاس‌پذیری یک فناوری تلقی می‌شود. یک شرکت بزرگ تجاری، به دلیل تعهدات مالی گسترده و حفظ سهم بازار، تنها در حوزه‌هایی سرمایه‌گذاری می‌کند که ریسک فنی در آن‌ها به حداقل رسیده باشد و بازدهی مالی در مقیاس صنعتی تضمین شده باشد. بنابراین، تحلیل عمیق بر روی این شرکت‌ها، امکان استخراج ترندهایی را می‌دهد که مستقیماً با نیازهای کنونی و عملیاتی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

صنعت در ارتباط هستند.

فرایند استخراج ترندها از این منبع، مبتنی بر یک تحلیل محتوای استراتژیک اسنادی است که شامل بررسی گزارش‌های مالی سالانه، گزارش‌های پایداری زیست‌محیطی و بیانیه‌های مطبوعاتی پیرامون پروژه‌های توسعه‌ی ظرفیت می‌شود. به عنوان مثال، هنگامی که یک هلدینگ بزرگ شیمیایی، تخصیص بودجه‌ای هنگفت را برای جایگزینی فرآیند تولید یک ماده شیمیایی کلیدی با فرآیند بیولوژیکی (Bio-based Process) اعلام می‌کند، این اقدام به طور قاطع نشان می‌دهد که چالش‌های فنی مرتبط با تولید آن ماده از طریق زیست فناوری، اکنون از منظر اقتصادی، توجیه‌پذیر شده است. در نتیجه، ترندهای تحقیق باید در راستای حل جزئیات فنی مربوط به این جایگزینی متمرکز شوند؛ جزئیاتی نظیر بهینه‌سازی پایداری سویه‌های میکروبی در شرایط تنش صنعتی، طراحی مجدد بیوراکتورها برای واکنش‌های چندفازی، یا توسعه‌ی فرآیندهای جداسازی و خالص‌سازی پایین دست که هزینه و انرژی کمتری مصرف می‌کنند. این ترندها به طور عمومی در حوزه‌ی مهندسی فرآیند زیستی در مقیاس بالا[1] و اقتصاد چرخشی[2] قرار می‌گیرند.

علاوه بر این، شرکت‌های بزرگ همواره در پی کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری هستند. از این رو، بررسی روند کاری آن‌ها، ترندهایی را آشکار می‌سازد که مربوط به اتوماسیون و دیجیتالی شدن فرآیندهای تولید زیستی هستند. به عنوان مثال، تمایل به استفاده از سنسورهای پیشرفته‌ی بیوراکتور و سیستم‌های کنترل بلادرنگ[3] که امکان نظارت دقیق بر پارامترهای کشت و بهینه‌سازی پیوسته عملکرد سلول را فراهم می‌کنند، منجر به استخراج ترندهایی نظیر مدل‌سازی پیش‌بینانه‌ی فرآیندهای تخمیر[4] و تحلیل داده‌های بزرگ زیستی[5] می‌شود. این نوع ترندها، حوزه‌ی پژوهش را به سمت تلفیق زیست فناوری با فناوری‌های هوش مصنوعی و داده‌کاوی سوق می‌دهد. دلیل علمی این متدولوژی آن است که با تمرکز بر روی نیازهای تثبیت شده‌ی شرکت‌های بزرگ، اطمینان حاصل می‌شود که نتیجه‌ی پژوهش، به طور بالقوه، قابلیت جذب و پیاده‌سازی سریع در زیرساخت‌های موجود صنعت را دارد و مستقیماً به حل مشکلات اقتصادی با مقیاس میلیون دلاری می‌پردازد. این روش، تحقیقات را از سرنوشت فناوری‌های بدون کاربرد دور نگه داشته و آن را به سوی خلق ارزش اقتصادی و صنعتی هدایت می‌کند. با این تحلیل، نه تنها موضوعات پژوهشی مشخص می‌شود، بلکه دامنه و محدوده‌ی کاربرد عملیاتی آن‌ها نیز از پیش تعیین می‌گردد.

۶-۱-۴- بررسی سیستم جذب سرمایه استارت‌اپ‌ها

تحلیل جذب سرمایه‌ی استارتاپ‌ها (Fund Raises) در حوزه‌ی زیست فناوری صنعتی، ابزاری حیاتی برای شناسایی جهت‌گیری‌های نوآورانه و تحول‌آفرین در آینده‌ی صنعت محسوب می‌شود. متدولوژی مورد استفاده در این زمینه، بر پایه‌ی این فرض علمی بنا شده است که سرمایه‌گذاران خطرپذیر (VCs) به عنوان متخصصان ارزیابی ریسک و پتانسیل رشد، منابع خود را به سمت ایده‌ها و فناوری‌هایی هدایت می‌کنند که بیشترین پتانسیل برای رشد تصاعدی و ایجاد اختلال در بازارهای

[1] Large-Scale Bioprocess Engineering

[2] Circular Economy

[3] Real-Time Control Systems

[4] Predictive Modeling of Fermentation

[5] Bio-Data Analytics

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سنتی را داشته باشند. بنابراین، حجم و ماهیت سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در استارتاپ‌ها، به منزله‌ی یک "نشانگر زودهنگام" برای ترندهای آتی فناوری قلمداد می‌شود.

فرایند استخراج ترندها از این منبع، شامل یک تحلیل ساختاریافته بر اساس مراحل سرمایه‌گذاری است. در مراحل اولیه (Seed و Series A)، که سرمایه‌گذاران بر روی تیم و پلتفرم فناوری تمرکز دارند، ترندهایی استخراج می‌شوند که به کاهش زمان و هزینه در کشف و توسعه‌ی محصول مربوط هستند. به عنوان مثال، حمایت مالی قابل توجه از استارتاپی که یک پلتفرم خودکار برای غربالگری سریع سویه‌های میکروبی یا طراحی پروتئین‌ها با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی ارائه می‌دهد، فوراً ترندهایی نظیر شبیه‌سازی دینامیک مولکولی برای بیومولکول‌ها، یادگیری تقویتی در مهندسی ژنتیک و روش‌های با توان عملیاتی بالا را به عنوان حوزه‌های داغ پژوهشی معرفی می‌کند. این ترندها، نویدبخش راه‌حل‌هایی برای چالش سرعت در توسعه‌ی زیست فناوری هستند.

در مقابل، در مراحل بعدی جذب سرمایه (Series B و بالاتر)، که استارتاپ‌ها در آستانه‌ی تولید انبوه قرار دارند، تمرکز سرمایه‌گذاری بر روی تأیید پتانسیل تجاری محصول نهایی است. تحلیل موفقیت‌های سرمایه‌گذاری در این فاز، ترندهایی را آشکار می‌سازد که پاسخگوی نیازهای مصرف‌کنندگان در حوزه‌های نوظهور هستند. دلیل علمی این انتخاب این است که سرمایه‌گذاری در این مراحل نشان‌دهنده‌ی پذیرش ریسک مقیاس‌گذاری و مقررات‌گذاری توسط سرمایه‌گذاران است که نشان می‌دهد این فناوری‌ها آماده‌ی انتقال به بازار انبوه هستند. این متدولوژی، تحقیقات را به سمت خلق فناوری‌هایی هدایت می‌کند که به بهترین شکل، پاسخگوی تقاضای نوظهور و تغییرات پارادایمی در محصولات مصرفی و صنعتی هستند و از این طریق، نوآوری‌های مخرب با پتانسیل رشد بالا را برای پژوهشگر مشخص می‌سازد.

۷-۱-۴- بررسی بازار ایران

انتخاب ترندهای استراتژیک در حوزه زیست‌فناوری نیازمند یک رویکرد تحلیلی چندوجهی است که نه تنها بلوغ فنی جهانی را در نظر بگیرد، بلکه به طور خاص، پتانسیل و کشش بازار هدف را نیز ارزیابی کند. در ان گزارش برای اطمینان از صحت و سودمندی ترندهای انتخابی، یک بررسی جامع انجام انجام شده است که اطلاعات حاصل از تحلیل‌های جهانی (چرخه بلوغ فناوری، ترندهای علمی و تجاری) را با واقعیت‌های بازار خاص ایران تلفیق می‌کند. ترندهای منتخب در این گزارش از طریق همگرایی و تقاطع داده‌های حاصل از پنج منبع اصلی استخراج شده‌اند: ابتدا، تحلیل چرخه بلوغ فناوری (TMCL) و سطوح آمادگی فناوری (TRL)، مشخص کرد که فناوری‌های مرتبط با این ترندها از نظر فنی در چه مرحله‌ای قرار دارند (از تحقیقات پایه تا تجاری‌سازی). این چارچوب اجازه می‌دهد تا ریسک فنی و افق زمانی هر ترند تعیین شود. سپس، از نرخ رشد مرکب سالانه جهانی (CAGR) برای ارزیابی پتانسیل رشد اقتصادی ترندهای حوزه‌های مختلف استفاده شد تا اطمینان حاصل شود که ترندهای انتخابی، در سطح جهانی، بازارهای در حال رشد را نمایندگی می‌کنند. پس از آن، بررسی ترندهای علمی (مقالات و پتنت‌ها)، به ویژه تحلیل پتنت‌ها، ترندهای نوظهوری را که در آستانه ورود به بازار هستند و از حمایت حقوقی برخوردارند، شناسایی کرد. در مرحله چهارم، بررسی ترندهای تجاری جهانی (رویکرد شرکت‌های بزرگ) با پایش سرمایه‌گذاری‌ها و خطوط تولید شرکت‌های پیشرو، نشان داد که کدام ترندها توسط بازیگران اصلی صنعت به عنوان مسیرهای استراتژیک آینده پذیرفته شده‌اند. نهایتاً، بررسی اکوسیستم استارتاپی جهانی (استارت‌آپ‌های Fund-raised)، ترندهایی را که بیشترین جذب سرمایه خطرپذیر (VC) را داشته‌اند، مشخص کرد که نشان‌دهنده اقبال سرمایه‌گذاران به پتانسیل اقتصادی سریع در آن حوزه‌ها است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

با وجود استفاده از منابع جامع جهانی فوق، بررسی پتانسیل و بازار ایران برای نهایی‌سازی انتخاب ترندها، امری حیاتی و غیرقابل جایگزین است. این ضرورت از منظرهای چندگانه اقتصادی، زیرساختی و نظارتی قابل تبیین است:

۱. زیرساخت و پیچیدگی‌های فنی (TRL انطباقی): در حالی که یک فناوری ممکن است در سطح جهانی به TRL 8 رسیده باشد، فقدان زیرساخت‌های تولید، تجهیزات تخصصی، یا تأمین‌کنندگان مواد اولیه با کیفیت در داخل ایران می‌تواند TRL عملیاتی آن فناوری را به طور مؤثری به TRL ۵ یا ۶ تنزل دهد. بنابراین، ترندها باید بر اساس فناوری‌هایی انتخاب شوند که با ظرفیت‌های تولید داخلی، دسترسی به فناوری موردنیاز و مهندسان فرآیند ایران سازگاری داشته باشند. بررسی بازار ایران کمک می‌کند تا ترندهایی که نیازمند واردات گسترده و پرهزینه هستند، فیلتر شود.

۲. منظر اقتصادی و تأمین مالی: پتانسیل تجاری یک ترند در ایران باید با قدرت خرید داخلی، دسترسی محدود به ارز خارجی و مکانیزم‌های حمایتی دولتی سازگار باشد. فناوری‌هایی که در بازارهای توسعه‌یافته بر پایه اقتصاد مقیاس بسیار بزرگ (Mass Production) عمل می‌کنند، ممکن است به دلیل محدودیت حجم بازار در ایران، توجیه اقتصادی نداشته باشند. از این رو، بررسی بازار ایران برای شناسایی ترندهایی ضروری است که بازدهی مناسبی را با در نظر گرفتن یارانه‌های انرژی، اولویت‌های ارزی و مدل‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر داخلی فراهم می‌کنند.

۳. قوانین نظارتی و قانونی: قوانین ثبت دارو، محصولات کشاورزی یا مواد غذایی و همچنین استانداردهای تولید در ایران، می‌تواند با استانداردهای جهانی متفاوت باشد. یک فناوری موفق جهانی ممکن است به دلیل موانع نظارتی داخلی، فرآیندهای طولانی ثبت و اخذ مجوز (مانند مجوزهای سازمان غذا و دارو یا محیط زیست) در ایران با تأخیر یا عدم پذیرش مواجه شود. تحلیل بازار ایران به محقق کمک می‌کند تا ترندهایی را انتخاب کند که در حال حاضر در لیست اولویت‌های حمایتی نهادهای حاکمیتی و قانون‌گذاری قرار دارند یا مسیر نظارتی نسبتاً شفافی برای ورود به بازار دارند.

۴. منظر نیازهای بومی و مزیت‌های رقابتی: نیازهای داخلی ایران ممکن است متفاوت از ترندهای جهانی باشد. برای مثال، توسعه محصولات زیستی مرتبط با امنیت غذایی، مقابله با خشکسالی یا بیماری‌های بومی خاص، ممکن است در ایران دارای پتانسیل بازار و کشش بیشتری باشد تا در بازارهای توسعه‌یافته. بررسی پتانسیل بازار ایران امکان شناسایی ترندهایی را فراهم می‌کند که بر مبنای مزیت‌های نسبی منطقه‌ای (مانند ذخایر میکروبی بومی یا منابع طبیعی ارزان) می‌توانند به موفقیت تجاری پایدار دست یابند.

بنابراین، تلفیق تحلیل جهانی ترندها با ارزیابی دقیق شرایط "اجرا، تأمین و تقاضای" بومی در ایران، تنها راه برای اطمینان از این است که ترندهای استراتژیک انتخابی، نه تنها در تئوری موفق هستند، بلکه دارای بالاترین احتمال تحقق فنی و سودآوری تجاری در محیط اقتصادی-اجتماعی ایران می‌باشند.

۲-۴- حوزه‌های ترند در بیوتکنولوژی

با به کارگیری روش‌های بیان شده در بخش قبل، حوزه‌های ترند در زیست فناوری صنعتی زیر انتخاب گردیده‌اند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محیط زیست:

1) Anearobic Fermention, Biohydrogen, Biogas, Dark fermentation, Chain elongation
2) Pullatant Bioremidiation, Biofilteration, Odor biocontrol, Soil Bioremidiation, Solid-waste management
3) Net-zero greenhouse gas (GHG) emissions, Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS), Biological N_2 Fixation (BNF) Enhancement, Methanification
4) Sustainable Waste Water Treatment (WWT), Microalgae, Profloc, advanced Oxidising Processes (AOP), Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor, Lysis Cryptic Growth

پالایشگاه زیستی:

5) Biorefinery, Nutrient recovery, Biomass storage, Lignin valorization
6) Biobased chemicals, Platform chemicals, Circular bioeconomy
7) Bioenergy, Liquid Biofule, Drop-in biofuel, Sustainable aviation fuel (SAF), Renewable Diesel, Co-Processing, Hydrotreated vegetable oil (HVO), Second generation bio-fuel
8) Marine Biorefinery, Fisgh-based biorefinery, Marine biomass
9) Sustainable Agriculture, Biopesticides, Biostimulnt
10) Thermochemical process, Pyrolyze, Biochar, Gasification, Fischer-Tropsch (FT), Hydrothermal Liquefaction (HTL)
11) Value-added biogenic compunds
12) Non-medical plant extract

صنایع تبخیری:

13) Alternative fats & oils, Single Cell Oil (SCO)
14) Biotransformation, Enzyme immobilization, Resting cell bioreactor, Cascade enzymatic reaction
15) Bioplastic, PolyHydroxyAlkanoates (PHA)
16) Biofilm
17) Bioprocess eng/design
18) Bioprocess CDMO (Contract development and manufacturing organization), Single-use bioprocessing & assemblie, Process intensification
19) Continuous fermentation
20) Continuous chromatographic separation, Simulated Moving Bed Chromatography (SMB), Supercritical Fluid Chromatography (SFC)
21) De Novo Protein Synthesis, Mycellium microbial protein, RUBISCO
22) Gas fermentation
23) Next-Generation or Microbiome Therapeutics, (Next-gen) Live biotherapeutic
24) Percision fermentation

در پیوست ۱ افراد دارای سابقه پژوهشی و صنعتی مشابه در کشور بیان شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳-۴- حوزه‌های ترند محیط زیست

۱-۳-۴- تخمیر بی‌هوازی

تخمیر بیهوازی به فرآیند زیستی اشاره دارد که در آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را در غیاب اکسیژن تجزیه می‌کنند. این فرآیند متابولیک در محیط‌های مختلفی مانند سیستم گوارش حیوانات، محل‌های دفن ضایعات و تصفیه‌خانه‌های پساب رخ می‌دهد. میکروارگانیسم‌های دخیل در تخمیر بی هوازی شامل باکتری‌ها و آرکی‌ها هستند که قادر به زنده ماندن و متابولیسم در محیط‌های فاقد اکسیژن می‌باشند. در طی تخمیر بی هوازی، ترکیبات آلی مانند گلوکز به ترکیبات ساده‌تری مانند الکل‌ها، گازها و اسیدهای آلی تبدیل می‌شوند. یکی از ویژگی‌های کلیدی این فرآیند، تولید محصولات جانبی متابولیک مانند اتانول، اسید لاکتیک و هیدروژن است که بسته به نوع میکروارگانیسم و سوبسترا متفاوت است. انرژی به دست آمده از تخمیر عموماً کارایی کمتری نسبت به فرآیندهای هوازی دارد، اما برای محیط‌هایی که اکسیژن در دسترس نیست، حیاتی است. تخمیر بیهوازی نقش مهمی در کاربردهای صنعتی مختلف، از جمله تولید سوخت‌های زیستی، تصفیه پساب و مدیریت پسماند ایفا می‌کند. به عنوان مثال، در تولید بیوگاز (که در ادامه بحث می‌شود)، از تخمیر بی هوازی برای تجزیه پسماند آلی و تولید متان، که یک منبع انرژی قوی است، استفاده می‌شود[۸-۱۳].

بیوهیدروژن به گاز هیدروژن (H_2) تولید شده به روش زیستی توسط میکروارگانیسم‌ها، از جمله باکتری‌ها و جلبک‌های خاص اشاره دارد. این شکل از هیدروژن به عنوان یک جایگزین سازگار با محیط زیست برای تولید هیدروژن از طریق روش‌های صنعتی سنتی، که معمولاً به سوخت‌های فسیلی متکی هستند، در نظر گرفته می‌شود. تولید بیوهیدروژن می‌تواند از طریق فرآیندهای زیستی مختلف، مانند تخمیر بیهوازی، که در آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را تجزیه کرده و هیدروژن را به عنوان یک محصول جانبی آزاد می‌کنند، صورت گیرد. میکروارگانیسم‌های دخیل در تولید بیوهیدروژن شامل کلستریدیوم، رودوباکتر و جلبک کلامیدوموناس هستند. این ارگانیسم‌ها از سوبستراهای آلی مانند کربوهیدرات‌ها یا زیست‌توده برای تولید هیدروژن در شرایط بیهوازی استفاده می‌کنند. علاوه بر این، برخی میکروارگانیسم‌های خاص، مانند آن‌هایی که در فرآیندهای تخمیر تاریک حضور دارند، می‌توانند از طریق تجزیه ترکیبات آلی در غیاب نور، هیدروژن تولید کنند. تولید بیوهیدروژن در حوزه زیست‌فناوری صنعتی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا یک منبع انرژی پایدار و پاک ارائه می‌دهد. هیدروژن یک سوخت همه‌کاره است که می‌تواند در کاربردهای انرژی مختلف، مانند پیل‌های سوختی استفاده شود و هنگام مصرف، آلاینده‌های مضر تولید نمی‌کند[۸-۱۳].

بیوگاز مخلوطی از گازها، عمدتاً متان (CH_4) و دی‌اکسید کربن (CO_2) است که از طریق هضم بیهوازی مواد آلی تولید می‌شود. این فرآیند در محیط‌هایی که اکسیژن وجود ندارد، مانند محل‌های دفن ضایعات، تصفیه‌خانه‌های پساب و هاضم‌های بیهوازی مورد استفاده برای مدیریت پسماند رخ می‌دهد[۸-۱۳].

تولید بیوگاز نوعی تخمیر بیهوازی است که در آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی مانند پسماند غذایی، بقایای کشاورزی و کود حیوانی را تجزیه می‌کنند. متان، که جزء اصلی بیوگاز است، یک منبع انرژی ارزشمند است که معمولاً برای تولید برق، گرمایش و حتی به عنوان سوخت وسایل نقلیه استفاده می‌شود. تولید بیوگاز با جلوگیری از انتشار متان از پسماند آلی به اتمسفر، به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. در زیست‌فناوری صنعتی، تولید بیوگاز برای فناوری‌های تبدیل پسماند به انرژی و کاهش تأثیر زیست‌محیطی دفع پسماند بسیار مهم است. فرآیند تولید بیوگاز همچنین دیجستیت (پسماند

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

هضم شده) تولید می‌کند که می‌تواند به عنوان یک کود آلی غنی از مواد مغذی در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

تخمیر تاریک نوعی تخمیر بیهوازی است که در غیاب نور رخ می‌دهد و در آن میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و برخی انواع جلبک، سوبستراهای آلی را تجزیه کرده تا محصولات جانبی ارزشمند، عمدتاً گاز هیدروژن (H_2) تولید کنند. در مقابل تولید فتوسنتزی هیدروژن که به نور متکی است، تخمیر تاریک در محیط‌های تاریک، مانند راکتورهای بیهوازی یا محیط‌های طبیعی فاقد نور اتفاق می‌افتد. مزیت اصلی تخمیر تاریک این است که روشی مستقیم و کارآمد برای تولید بیوهیدروژن است. این فرآیند معمولاً شامل تجزیه ترکیبات آلی پیچیده مانند قندها، نشاسته و سلولز توسط میکروارگانیسم‌ها است که منجر به تولید هیدروژن، اسیدهای آلی و گاهی اسیدهای چرب فرار می‌شود. این فرآیند به دلیل ارائه یک مسیر امیدوارکننده برای تولید هیدروژن در مقیاس بزرگ، برای زیست‌فناوری صنعتی حائز اهمیت است. تخمیر تاریک در ترکیب با سایر فناوری‌های مبتنی بر زیست‌توده، پتانسیل ادغام در سیستم‌های انرژی پایدار را دارد و به توسعه هیدروژن سبز به عنوان یک منبع سوخت کمک می‌کند[۸-۱۳].

طویل‌سازی زنجیره به یک فرآیند بیوشیمیایی اشاره دارد که در آن ترکیبات آلی زنجیره کوتاه از طریق متابولیسم میکروبی به مولکول‌های زنجیره بلندتر تبدیل می‌شوند. در زمینه زیست‌فناوری محیطی و صنعتی، از طویل‌سازی زنجیره اولیه برای تولید اسیدهای چرب فرار (VFAs)، مانند استات، بوتیرات و کاپروات استفاده می‌شود که کاربردهای صنعتی مهمی دارند. این فرآیند به صورت بیهوازی رخ می‌دهد و توسط میکروارگانیسم‌های تخصصی، که اغلب متعلق به جنس‌های کلستریدیوم و پروپیونی‌باکتریوم هستند، انجام می‌شود. این میکروارگانیسم‌ها از سوبستراهایی مانند کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و پسماندهای آلی برای تولید مولکول‌های زنجیره بلندتر استفاده می‌کنند که سپس می‌توانند به عنوان پیش‌ساز برای سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر و سایر مواد شیمیایی صنعتی مورد استفاده قرار گیرند. طویل‌سازی زنجیره به دلیل نقش آن در تولید مواد شیمیایی پایدار، به طور فزاینده‌ای در حال بررسی است، زیرا می‌تواند خوراک‌های آلی تجدیدپذیر، مانند پسماندهای کشاورزی، را به محصولات ارزشمند تبدیل کند. در زمینه زیست‌فناوری، طویل‌سازی زنجیره با تخمیر تاریک و تولید بیوگاز مرتبط است، زیرا راهی برای تبدیل پسماند آلی به مواد شیمیایی با ارزش بالاتر فراهم می‌کند[۸-۱۳].

این فناوری‌ها در حوزه زیست‌فناوری محیطی و صنعتی، به ویژه در زمینه تبدیل پسماند به انرژی و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر، به یکدیگر مرتبط هستند. تخمیر بیهوازی فرآیند بنیادی برای تولید هر دو بیوگاز و بیوهیدروژن است، زیرا شامل تجزیه میکروبی مواد آلی در غیاب اکسیژن می‌باشد. تولید بیوگاز مستقیماً به هضم بیهوازی مرتبط است، جایی که متان به عنوان یک منبع انرژی ارزشمند تولید می‌شود. تخمیر تاریک یک شکل تخصصی از تخمیر بیهوازی است که بر تولید بیوهیدروژن تمرکز دارد و یک جایگزین انرژی پاک برای روش‌های متعارف ارائه می‌دهد. علاوه بر این، طویل‌سازی زنجیره نقشی در تبدیل اسیدهای چرب زنجیره کوتاه به مولکول‌های زنجیره بلندتر ایفا می‌کند که می‌توانند به عنوان پیش‌سازهای شیمیایی در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرند. این فرآیند اغلب با سایر فرآیندهای تخمیر، مانند تخمیر تاریک، ادغام می‌شود تا تولید ترکیبات ارزشمند از پسماند آلی را افزایش دهد. این فناوری‌ها به صورت هم‌افزایی برای ترویج توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر و فرآیندهای صنعتی پایدار کار می‌کنند و آن‌ها را برای آینده اقتصادهای مبتنی بر زیست‌توده سهمی می‌سازند. تبدیل پسماند آلی به بیوگاز، بیوهیدروژن و مواد شیمیایی ارزشمند از طریق این فرآیندها به کاهش آلودگی محیط زیست، بهبود مدیریت پسماند و پیشرفت تولید انرژی پاک کمک می‌کند. آن‌ها در کنار هم بخش مهمی از حوزه نوظهور

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اقتصاد زیستی چرخشی را تشکیل می‌دهند که پسماند به حداقل می‌رسد و منابع به طور پیوسته و به روشی پایدار از نظر محیط زیستی مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند.

هر روند در فناوری زیستی صنعتی از مراحل چرخه بلوغ فناوری عبور می‌کند. این حوزه‌های ترند در حال حاضر همگی از پژوهش و توسعه در مراحل اولیه به فازهای بالغ‌تری حرکت کرده‌اند که در آن‌ها به طور فزاینده‌ای در کاربردهای تجاری ادغام می‌شوند. شکل زیر جایگاه هر یک از حوزه‌ها در نمودار چخه بلوغ فناوری را نشان می‌دهد. تخمیر بی‌هوازی و تولید بیوگاز در نمودار چرخه فناوری در مرحله بلوغ کامل و به سر می‌برند. با این وجود، این حوزه‌ها علی رغم پتانسیل بالایاستفاده درکشور، مهجور مانده و توسعه نیافته‌اند. توسعه و استفاده از این فناوری‌ها درکشور، راه حلی آسان و عملی برای کاهش ناترازی انرژی در کشور می‌باشد. از طرف دیگر، اگرچه فناوری‌هایی مانند گازی‌سازی و MEC نویدبخش هستند، اما هنوز برای تولید در مقیاس بزرگ به بلوغ کامل نرسیده‌اند که باعث می‌شود تولید بیوهیدروژن هنوز در مرحله توسعه در چرخه فناوری باشد و TRL برابر با ۵ (یا در برخی منابع ۲-۴) داشته باشد [۱۴, ۱۵].

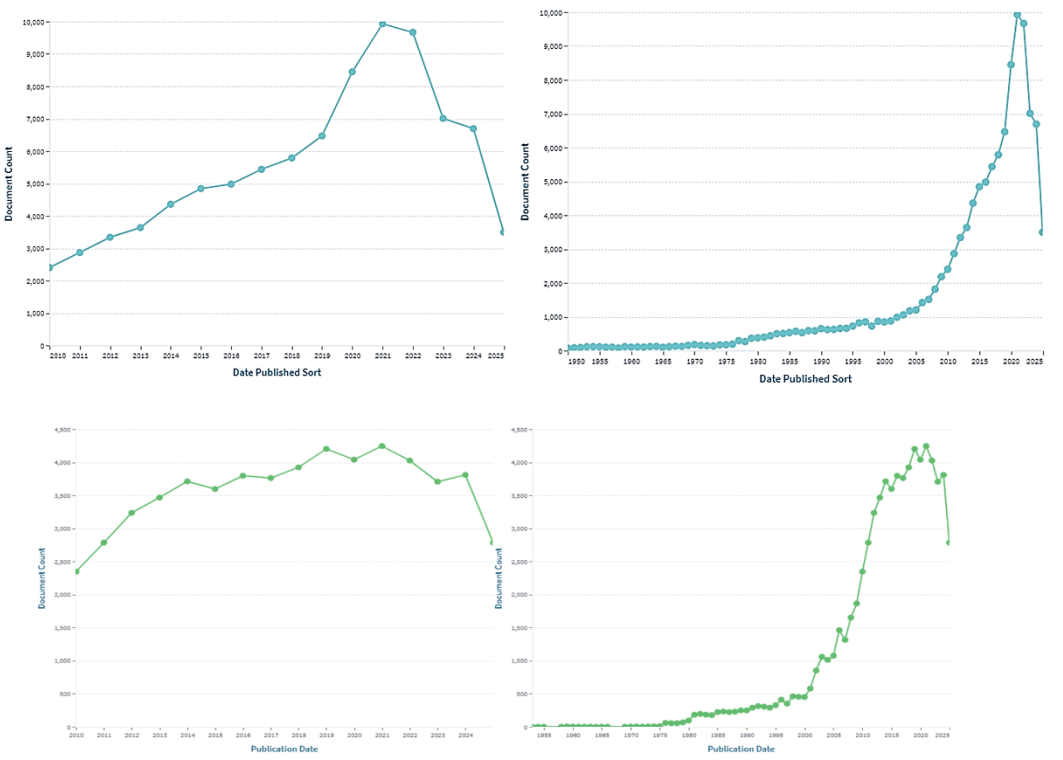
داده‌های نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) خاص برای تخمیر بی‌هوازی به تنهایی در دسترس نیست. با این حال، انتظار می‌رود بازار گسترده‌تر فناوری تخمیر میکروبی، که فرآیندهای بی‌هوازی را در بر می‌گیرد، از سال ۲۰۲۳ تا ۲۰۳۰ با نرخ رشد مرکب سالانه تقریباً ۵.۸ درصد رشد کند[۱۶]. پیش‌بینی می‌شود بازار جهانی بیوگاز بین سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۴ با نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) از ۴.۳۳٪ تا ۸.۱٪ رشد کند، که این نرخ رشد به منبع و بخش خاص بازار مورد نظر بستگی دارد.بازار بیوهیدروژن رشد قابل توجهی را در سال های پیش رو تجربه خواهد کرد، نرخ رشد مرکب سالانه پیش‌بینی‌شده بین ۷.۲٪ تا ۲۸.۷٪ از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۲، بسته به منطقه و کاربرد تخمین زده شده است. داده‌های CAGR خاص برای فناوری‌های تخمیر تاریک برابر با تولید بیوهیدروژن بوده و برای طویل شدن زنجیره از CAGR اسیدهای چرب فرار استفاده میشود که برابر با ۵.۵٪ است[۱۷-۲۱].

با بررسی گوگل اسکالر و اسکوپوس، انتشارات پژوهشی در زمینه تخمیر بی‌هوازی، بیوهیدروژن، بیوگاز، تخمیر تاریک و طویل‌سازی زنجیره در طول دهه گذشته به طور پیوسته افزایش یافته که نشان‌دهنده علاقه علمی رو به رشد در این حوزه‌ها است. روند مشاهده‌شده، صعودی است به ویژه در بیوهیدروژن و تخمیر بی‌هوازی که افزایش سالانه مستمری در انتشارات را نشان می‌دهد. پژوهش در زمینه بیوگاز پایدار است، در حالی که طویل‌سازی زنجیره و تخمیر تاریک رشد کندتری داشته‌اند.

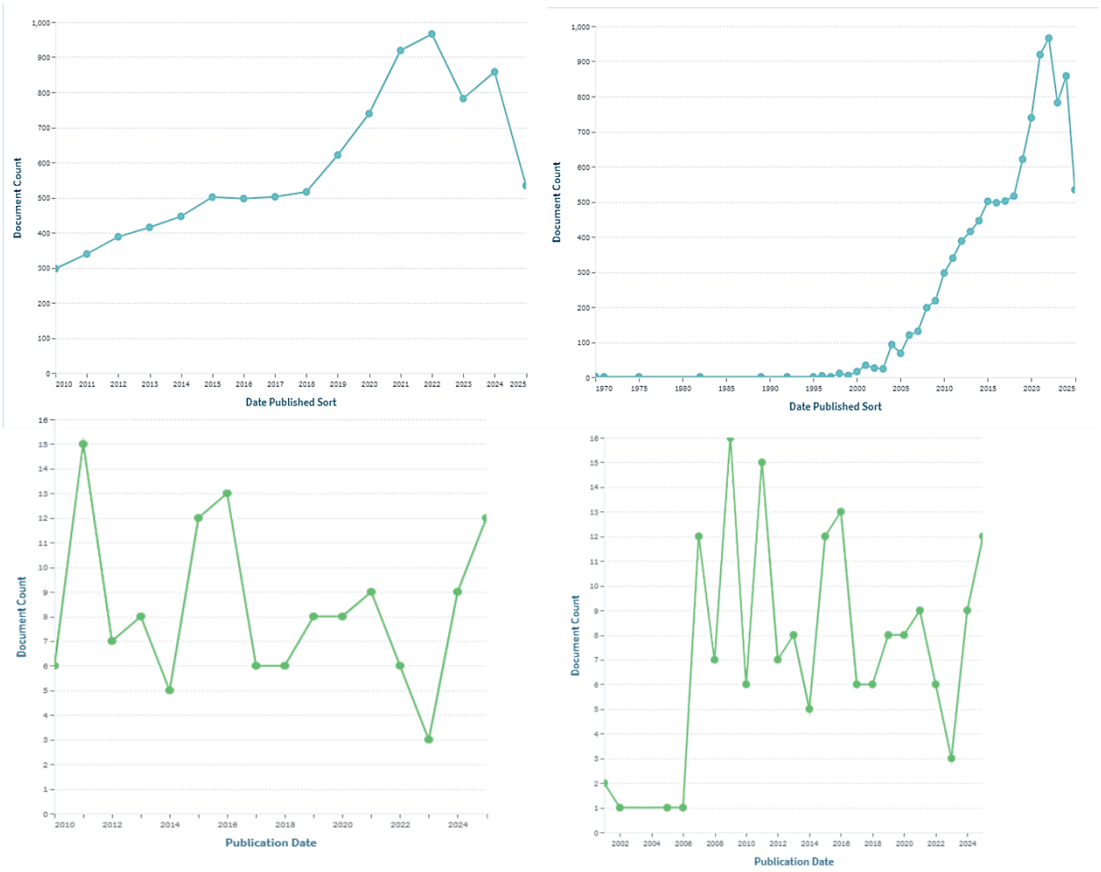
ثبت‌های پتنت مرتبط با تخمیر بی‌هوازی، بیوهیدروژن و بیوگاز در سال‌های اخیر افزایش یافته که حاکی از روند مستمر نوآوری فناورانه است. تخمیر تاریک و طویل‌سازی زنجیره نیز شاهد رشد پتنت بوده‌اند که نشان می‌دهد این فناوری‌ها در حال کسب جذابیت تجاری هستند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



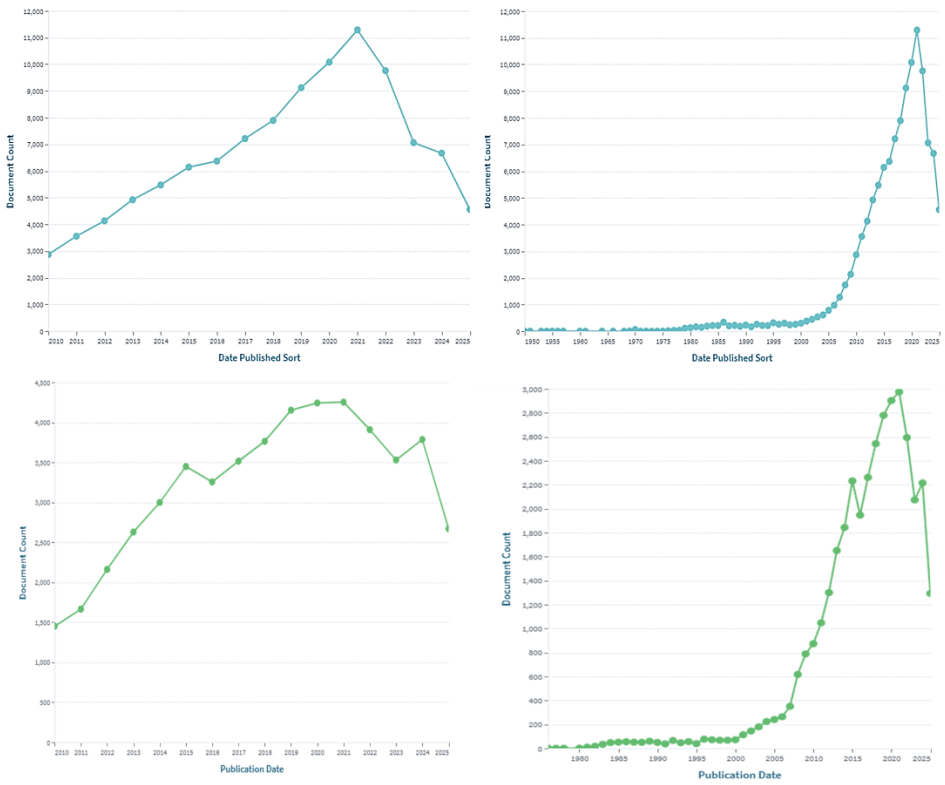
شکل (۳-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) مرتبط با تخمیر بی هوازی در ۱۵ سال اخیر و روند کلی



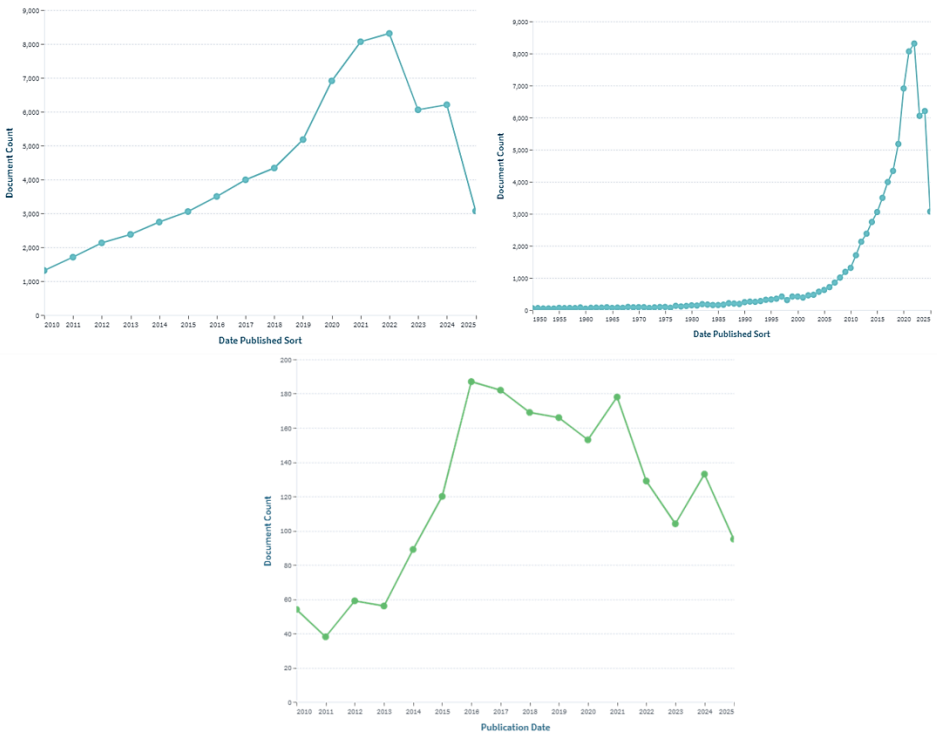
شکل (۴-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) مرتبط با بیوهیدروژن در ۱۵ سال اخیر و روند کلی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



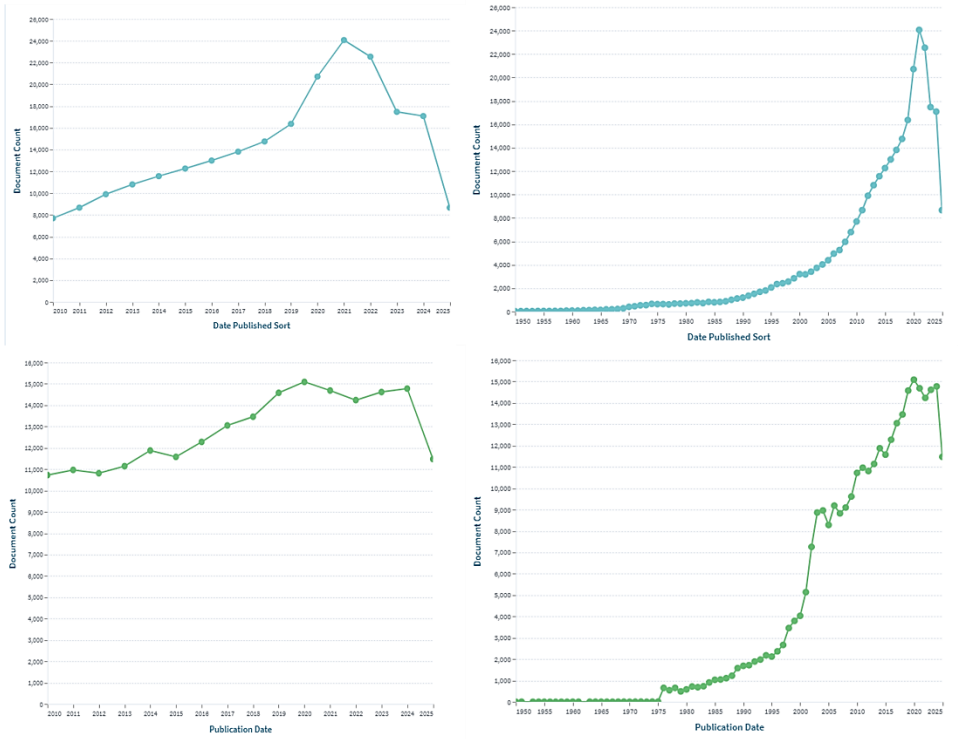
شکل (۵-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) مرتبط با بیوگاز در ۱۵ سال اخیر و روند کلی



شکل (۶-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) مرتبط با تخمیر تاریک در ۱۵ سال اخیر و روند کلی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۷-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) مرتبط با Chain Elongation در ۱۵ سال اخیر و روند کلی

شرکت‌های تجاری مطرح در جهان از این ترندها استفاده می‌کنند.

تخمیر بی هوازی

این شرکت‌ها در برنامه‌ریزی، ساخت و بهره‌برداری از واحدهای هضم بی‌هوازی تخصص دارند و اغلب فناوری اختصاصی ارائه می‌دهند.

- EnviTec Biogas AG : ارائه‌دهنده پیشرو در جهان در زمینه راه‌حل‌های بیوگاز، متخصص در برنامه‌ریزی، ساخت و بهره‌برداری از کارخانه‌های بیوگاز و RNG. آنها با صدها پروژه اجرا شده، حضور جهانی قابل توجهی دارند.
- Anaergia Inc.: به خاطر راه‌حل‌های متنوع تبدیل ضایعات به انرژی، به‌ویژه برای جریان‌های ضایعات آلی شهری، کشاورزی و صنعتی شناخته شده است. آنها حضور پررنگی در آمریکای شمالی دارند.
- Hitachi Zosen Inova (HZI)CH: یک شرکت بزرگ در زمینه راه‌حل‌های انرژی از ضایعات که هم فناوری‌های هضم بی‌هوازی خشک (Kompogas) و هم فناوری‌های تخمیر مرطوب را به همراه سیستم‌های پیشرفته ارتقاء بیوگاز ارائه می‌دهد.
- شرکت WELTEC BIOPOWER GmbH: یک شرکت پیشرو در بازار جهانی که به خاطر کارخانه‌های بیوگاز از جنس استیل ضد زنگ خود شناخته شده است و راه‌حل‌های آماده به کار از برنامه‌ریزی تا تعمیر و نگهداری را در بسیاری از کشورها ارائه می‌دهد.
- گروه PlanetET Biogas GmbH: متخصص در برنامه‌ریزی، ساخت و بهره‌برداری از سیستم‌های AD، با تعداد زیادی کارخانه نصب شده در سراسر جهان.

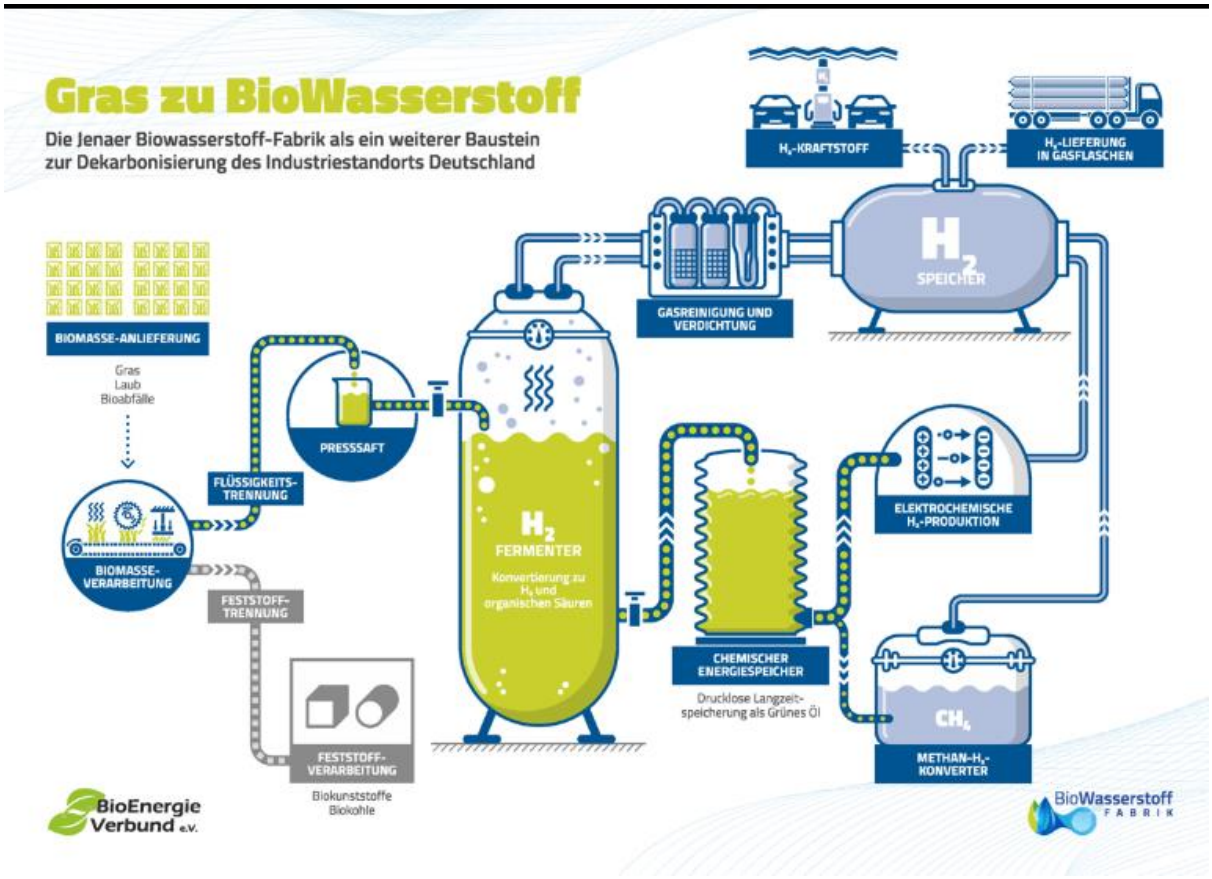
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- شرکت Bioenergy Devco (BDC): به خاطر ارائه تجربیات بین‌المللی فراوان (از طریق شرکت تابعه خود، BTS Biogas) به بازار آمریکای شمالی، با تمرکز بر افزایش بازیافت مواد آلی، شناخته شده است.

بیوهیدروژن

کارخانه بیوهیدروژن (Bio-H2 Umwelt GmbH) شرکتی در آلمان است که از سال ۲۰۰۶ در حال توسعه فناوری‌هایی برای تولید بیوهیدروژن از ضایعات‌های زیستی است. بیوهیدروژن از طریق تخمیر، مشابه تولید بیوگاز در کارخانه‌های بیوگاز، تولید می‌شود. فرآیند آنها برای ایجاد یک محلول هیدروژن پایدار برای اهداف صنعتی بهینه شده است که به کربن‌زدایی صنایع و جایگزینی سوخت‌های مبتنی بر روغن معدنی کمک می‌کند. این شرکت قصد دارد این فناوری را در کاربردهای صنعتی پیاده‌سازی کند و در حال کار بر روی یک "پروژه فانوس دریایی" است تا تولید بیوهیدروژن را به یک کاربرد استاندارد در اقتصاد هیدروژنی آلمان تبدیل کند. کار این شرکت با استراتژی هیدروژن ۲۰۲۰ آلمان همسو است و بر تقویت اجرای فناوری هیدروژن برای تحرک پایدار و انرژی صنعتی تمرکز دارد. آنها به دنبال تبدیل تولید بیوهیدروژن به یک استاندارد شناخته شده از طریق همکاری با شرکای مختلف هستند. ماموریت این شرکت بخشی از یک جنبش بزرگ‌تر برای کاهش انتشار کربن در فرآیندهای صنعتی با استفاده از ضایعات‌های زیستی و پیشبرد بیشتر اقتصاد هیدروژن با جایگزین‌های انرژی سبز است.



شکل (۸-۴) تولید بیوهیدروژن شرکت Bio-H2 Umwelt GmbH

شرکت Air Liquide (فرانسه) یک شرکت پیشرو جهانی در زمینه گازهای صنعتی و تولید هیدروژن است. این شرکت در خط مقدم توسعه و افزایش مقیاس فناوری‌های تولید هیدروژن سبز، از جمله بیوهیدروژن قرار دارد. Air Liquide با کارخانه‌ها و زیرساخت‌های بزرگ هیدروژن خود، از انتقال انرژی با ارائه هیدروژن به عنوان سوخت پاک برای صنایع و حمل‌ونقل پشتیبانی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

می‌کند. راه‌حل‌های هیدروژن سبز آن‌ها از طریق الکترولیز و همچنین بیوهیدروژن از پسماند آلی تولید می‌شود.

شرکت Linde plc (آلمان/بریتانیا) یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های گاز صنعتی در جهان است که طیف وسیعی از گازها، از جمله هیدروژن را ارائه می‌دهد. این شرکت سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجهی در تولید و توزیع هیدروژن سبز با استفاده از روش‌های مختلف مانند الکترولیز و تولید بیوهیدروژن انجام داده است. لینده با امکان استفاده از هیدروژن در فرآیندهای انرژی‌بر، از جمله تولید فولاد و حمل‌ونقل، نقش مهمی در کربن‌زدایی صنایع ایفا می‌کند.

شرکت Plug Power Inc. (آمریکا) ارائه‌دهنده پیشرو سیستم‌های پیل سوختی هیدروژنی و راه‌حل‌های هیدروژن سبز است. این شرکت فناوری‌های پیل سوختی هیدروژنی را توسعه داده و تجاری می‌کند که انرژی پاک تولید می‌کنند و به آینده‌ای پایدار کمک می‌کنند. محصولات پلاگ پاور به‌طور گسترده در بخش‌هایی مانند حمل‌ونقل، جابجایی مواد و توان ثابت استفاده می‌شوند. این شرکت همچنین هیدروژن را از طریق فناوری‌های الکترولیز و بیوهیدروژن تولید می‌کند.

شرکت Ballard Power Systems (کانادا) یک پیشرو جهانی در فناوری‌های پیل سوختی غشای تبادل پروتون (PEM) است که اغلب با هیدروژن کار می‌کنند. این شرکت محصولات پیل سوختی هیدروژنی را برای طیف وسیعی از کاربردها، از جمله حمل‌ونقل سنگین و تولید توان ثابت طراحی و تولید می‌کند. بالارد به‌طور سنگینی در راه‌حل‌های انرژی پاک، از جمله توسعه تولید بیوهیدروژن برای پیل‌های سوختی سرمایه‌گذاری کرده است.

شرکت Bloom Energy (آمریکا) در فناوری پیل سوختی اکسید جامد (SOFC) تخصص دارد که از هیدروژن به عنوان منبع انرژی پاک استفاده می‌کند. این شرکت سیستم‌های پیل سوختی را توسعه می‌دهد که از هیدروژن، از جمله بیوهیدروژن، برق تولید می‌کنند و در عین حال انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند. بلوم انرژی بر ذخیره‌سازی انرژی و ارائه راه‌حل‌های انرژی پایدار به مشتریان صنعتی، از جمله تولید هیدروژن از طریق فرآیندهای سبز و زیست‌بنیان تمرکز دارد.

بیوگاز

شرکت‌های پیشرو و عمده تولید بیوگاز در جهان به شرح زیر است:

- Air-Liquide
- ExxonMobil
- Shell
- Chevron
- BP
- Engie
- Hitachi-Zosen
- Equinor
- Eni
- ConocoPhillips

Air-Liquide

Company Overview

Establishment Year	1902
Headquarter	Paris, France
Key Management	François Jackow (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 29.9 Billion (2022)
Headcount	~ 67,778 (2022)
Website	http://www.airliquide.com/

Air Liquide یک بازیگر کلیدی در بخش بیوگاز است که از طریق تولید بیومتان خود، به طور فعال در حال پیشبرد انتقال جهانی به انرژی‌های تجدیدپذیر است. این شرکت با تخصصی که در کل زنجیره ارزش بیومتان دارد - از تولید گرفته تا تصفیه،

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مایع سازی و حمل و نقل - در سطح جهانی ۲۶ واحد تولید بیومتان با ظرفیت کل ۱.۸ تراوات ساعت در سال را اداره می‌کند. از جمله اقدامات اخیر، ایجاد دو واحد تولیدی جدید در ایالات متحده است که از پسماند مزارع لبنی برای تولید گاز طبیعی تجدیدپذیر جهت تغذیه شبکه استفاده می‌کنند. علاوه بر این، Air Liquide فعالیت‌های بیومتان خود را به چین گسترش داده و در حال احداث اولین کارخانه خود در استان جیانگسو است که به زودی عملیات را آغاز خواهد کرد. این گسترش‌های استراتژیک با تعهد ایرلیکوئید به پایداری و کربن زدایی که در برنامه استراتژیک ADVANCE 2025 آن ترسیم شده است، همسو می‌باشد.Air Liquide یک پیشرو جهانی در زمینه گازهای صنعتی و بهداشتی، فناوری‌ها و خدمات، حضوری قدرتمند در سراسر اروپا، آسیا-اقیانوسیه و آمریکای شمالی دارد. این شرکت با جایگاهی قوی در بازارهای کلیدی مانند فرانسه، آلمان، چین و ایالات متحده، تعداد زیادی تأسیسات تولیدی، شبکه‌های توزیع و مراکز تحقیقاتی را اداره می‌کند. این شرکت با بهره گیری از تخصص و نوآوری خود، پاسخگوی نیازهای متنوع صنایع و مؤسسات بهداشتی-درمانی است. اگرچه این شرکت در مناطقی مانند آمریکای لاتین، آفریقا و خاورمیانه نیز حضور دارد، اما تمرکز اصلی آن بر عملیات گسترده در بازارهای محوری خود باقی مانده و موقعیت خود را به عنوان یک ارائه دهنده پیشرو راه حل‌های گازی در سراسر جهان تأیید می‌کند. در آوریل ۲۰۲۴، ایرلیکوئید با ساخت دو واحد تولیدی دیگر، قابلیت‌های بیومتان خود را که معمولاً به عنوان گاز طبیعی تجدیدپذیر شناخته می‌شود، در ایالات متحده افزایش داد. در ژوئیه ۲۰۲۲، ایرلیکوئید اولین پروژه تولید بیومتان خود را در چین راه اندازی کرد و برنامه ریزی کرد تا عملیات را در تأسیسات جدید خود در هوایان، واقع در استان جیانگسو آغاز کند.

ExxonMobil

Company Overview

Establishment Year	1882
Headquarter	Spring, Texas, U.S.
Key Management	Darren Woods (Chairman & CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 344.6 B (2023)
Headcount	~ 61,500 (2023)
Website	https://corporate.exxonmobil.com/

ExxonMobil به طور استراتژیک در حال گسترش در بخش بیوگاز برای پشتیبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش انتشارات است. آنها در حال تبدیل پسماند آلی به بیوگاز و ارتقای آن به بیومتان برای تولید گاز طبیعی تجدیدپذیر هستند. از جمله گام‌های اخیر، افزایش خریدهای دیزل تجدیدپذیر از محصولاتی مانند کملینا است. ExxonMobil با سرمایه گذاری ۱۷ میلیارد دلاری تا سال ۲۰۲۷، بر جذب کربن، سوخت‌های زیستی و هیدروژن برای کاهش انتشارات متمرکز است و هدف آن دستیابی به انتشار خالص صفر گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۵۰ است. علاوه بر این، آنها در حال بازسازی ساختار برای ادغام کسب و کارهای شیمیایی و پایین دستی تحت شرکت جدید "ExxonMobil Product Solutions Company " هستند تا کارایی را افزایش دهند. این شرکت دارای حضوری قدرتمند در سراسر جهان است که به طور استراتژیک در آمریکای شمالی، اروپا، آسیا-اقیانوسیه، خاورمیانه، آفریقا، آمریکای لاتین و کارائیب واقع شده است. در آمریکای شمالی و اروپا، این شرکت دفتر مرکزی، پالایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی را اداره می‌کند و در عین حال در فعالیت‌های اکتشاف و تولید در منطقه پویای آسیا-اقیانوسیه مشارکت دارد. در خاورمیانه، آفریقا، آمریکای لاتین و کارائیب، ExxonMobil از طریق پروژه‌های مختلف از جمله اکتشاف، تولید، پالایش و بازاریابی، به امنیت انرژی منطقه‌ای کمک می‌کند. این حضور گسترده جغرافیایی، سازگاری ExxonMobil با بازارهای متنوع انرژی در سراسر جهان را برجسته می‌کند. در ژانویه ۲۰۲۲، ExxonMobil با ادغام عملیات شیمیایی و پایین دستی و متمرکز کردن خدمات فناوری، مهندسی و پشتیبانی، کسب و کار خود را تثبیت کرد تا پشتیبانی از مشتری را بهبود بخشد، عملکرد را افزایش دهد و ارزش را بالا ببرد. در آوریل ۲۰۲۱، Global Clean Energy و ExxonMobil

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

قرارداد پنج ساله خود را تمدید کردند تا خرید سالانه دیزل تجدیدپذیرExxonMobil را به ۵ میلیون بشکه افزایش دهند.

Shell

Company Overview

Establishment Year	1907
Headquarter	London, England
Key Management	Wael Sawan (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 316.6 Billion (2023)
Headcount	~ 90,000 (2023)
Website	https://shell.com/

Shell plc گام‌های قابل توجهی در بخش بیوگاز برمی دارد تا ســـبد انرژی تجدیدپذیر خود را تقویت کرده و از انتقال جهانی انرژی پشتیبانی کند. در فوریه ۲۰۲۳،Shell خرید شرکت Nature Energy ، یک تولیدکننده پیشرو گاز طبیعی تجدیدپذیر، را با تقریباً ۲ میلیارد دلار به پایان رساند. این خرید شامل ۱۴ کارخانه بیوگاز شد وShell را به یک بازیگر اصلی در بازار بیوگاز تبدیل کرد. این حرکت با اســتراتژی گســترده‌تر شــل برای ســرمایه گذاری ۱۰ تا ۱۵ میلیارد دلاری در راه حل‌های انرژی کم کربن بین ســال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵، که حوزه‌هایی مانند ســوخت‌های زیســتی، هیدروژن و جذب و ذخیره کربن را پوشــش می‌دهد، همسو است. علاوه بر این،Shell به طور فعال در حال کاوش فرصت‌ها در زمینه بیوگاز فشرده در هند است که نشان دهنده تعهد آن برای گســترش ردپای انرژی تجدیدپذیر خود در ســطح جهانی اســت. Shell، یک غول انرژی جهانی با دفتر مرکزی در لاهه، هلند، دارای حضوری گسترده در سراسر جهان است که اروپا، آمریکای شمالی، آسیا-اقیانوسیه، خاورمیانه، آفریقا و آمریکای لاتین را در بر می‌گیرد. Shell که در فعالیت‌های متنوعی مانند اکتشــاف بالادســتی، پالایش، بازاریابی محصولات نفتی و سرمایه گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر مشارکت دارد، به طور استراتژیک بر رشد و پایداری تمرکز دارد. در ژانویه ۲۰۲۴، Shell برای فروش شرکت تابعه خود در خشکی نیجریه به رنسانس به توافق رسید. در فوریه ۲۰۲۳، Shell خرید Nature Energy را نهایی کرد و هدف خود را برای ایجاد یک زنجیره ارزش یکپارچه آران‌جی در مقیاس جهانی و گســترش راه حل‌های کم کربن برای مشتریان در بخش‌های مختلف پیش برد.

Chevron

Company Overview

Establishment Year	1879
Headquarter	San Ramon, California, U.S.
Key Management	Mike Wirth (Chairman and CEO)
Revenue (US$ Bn)	$200.9 Billion (2023)
Headcount	~ 45,600 (2023)
Website	https://www.chevron.com/

Chevron Corporation از طریق مشــارکت‌ها و سرمایه گذاری‌های اســتراتژیک در حال گســترش حضور خود در بخش بیوگاز اســت. Chevron با همکاری با کالیفرنیا بیو انرجی و کشــاورزان لبنی محلی، بیومتان لبنی را به عنوان گاز طبیعی تجدیدپذیر تولید و بازاریابی می‌کند. این امر شامل ساخت هاضم‌های متان در مزارع لبنی برای جذب انتشارات و تبدیل آنها به گاز طبیعی تجدیدپذیر برای حمل و نقل اســت. علاوه بر این، Chevron با اشــلیمبرگر و مایکروســافت در یک پروژه زیســت انرژی همکاری می‌کند که هدف آن تولید برق با کربن منفی از پســماندهای کشــاورزی در کالیفرنیا اســت. این اقدامات با هدف گســترده‌تر Chevron برای پشتیبانی از راه حل‌های انرژی پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای همسو است. شرکت Chevron حضوری قدرتمند در شــش قاره دارد. در آمریکای شــمالی، بر مناطق مهم تولید نفت مانند تگزاس و کالیفرنیا تمرکز دارد و فعالیت‌های فراســاحلی آن در خلیج مکزیک انجام می‌شــود. در آمریکای لاتین، Chevron در اکتشــاف نفت فراســاحلی در برزیل مشــارکت دارد. در اروپا، Chevron عمدتاً در دریای شمال، به ویژه در بریتانیا و دانمارک فعالیت می‌کند. در آفریقا، این شرکت در نیجریه

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

و آنگلا فعال است. در سراسر منطقه آسیا-اقیانوسیه، Chevron پروژه‌های ال ان جی را در استرالیا و پروژه‌های نفت و گاز را در اندونزی رهبری می‌کند. علاوه بر این، Chevron به طور استراتژیک در خاورمیانه، به ویژه در عربستان سعودی و کویت سرمایه گذاری می‌کند. این موضوع بر تسلط Chevron در بخش انرژی و مهارت آن در بهره برداری از فرصت‌های مختلف بازار در عین مدیریت ریسک‌ها تأکید دارد. در مارس ۲۰۲۴، بانج و Chevron یک سرمایه گذاری مشترک برای ساخت یک کارخانه جدید فرآوری دانه‌های روغنی در مجاورت تأسیسات فعلی خود در ساحل خلیج در دیسترهان، لوئیزیانا تأیید کردند. در فوریه ۲۰۲۴، Chevron یک پروژه تولید هیدروژن ۵ مگاواتی در دره مرکزی کالیفرنیا توسعه داد.

BP

Company Overview

Establishment Year	1909
Headquarter	London, England, UK
Key Management	Helge Lund (Chairman)
Revenue (US$ Bn)	$210.1 B (2023)
Headcount	~ 70,000 (2023)
Website	https://bp.com/

BP plc به طور قابل توجهی از طریق خریدها و سرمایه گذاری‌های استراتژیک در سبد انرژی‌های تجدید پذیر خود، در حال گسترش حضور خود در بخش بیوگاز است. یکی از اقدامات قابل توجه، خرید Archaea Energy به مبلغ ۴.۱ میلیارد دلار در اواخر سال ۲۰۲۲ است. آرکئا انرجی، یک تولیدکننده پیشرو گاز طبیعی تجدیدپذیر در ایالات متحده، ۵۰ تأسیسات گاز طبیعی تجدیدپذیر و گاز دفن ضایعات به انرژی را اداره می‌کند. پیش بینی می‌شود این خرید، حجم عرضه بیوگاز BP plc را ۵۰٪ افزایش دهد و قابلیت‌های بیوگاز آن را به میزان قابل توجهی تقویت کند. علاوه بر این، BP plc متعهد به سرمایه گذاری‌های قابل توجه در زیست انرژی شده است و هدف آن افزایش کسب و کارهای رشد انتقالی به بیش از ۴۰٪ از کل هزینه‌های سرمایه سالانه تا سال ۲۰۲۵ و حدود ۵۰٪ تا سال ۲۰۳۰ است. این اقدامات با استراتژی گسترده‌تر BP plc برای ترویج راه حل‌های انرژی پاک‌تر و پشتیبانی از هدف صفر خالص آن تا سال ۲۰۵۰ همسو است.BP plc ، با دفتر مرکزی در لندن، دارای ردپایی جهانی قدرتمند است و در بیش از ۷۰ کشور در چندین قاره فعالیت می‌کند. در اروپا، این شرکت عملیات قابل توجهی در بریتانیا، آلمان، نروژ و هلند حفظ می‌کند. در آمریکای شمالی، BP plc برجسته است و فعالیت‌هایی در ایالات متحده و کانادا، از جمله پالایشگاه‌ها، خطوط لوله و مراکز خرده فروشی دارد. در منطقه آسیا-اقیانوسیه، BP plc به شدت در استرالیا، اندونزی و چین سرمایه گذاری کرده است و بر اکتشاف، تولید و انرژی تجدیدپذیر تمرکز دارد. علاوه بر این، BP plc در خاورمیانه، آفریقا و آمریکای جنوبی فعال است و در کشورهای کلیدی تولید انرژی مانند عمان، مصر، آنگولا، برزیل و آرژانتین فعالیت می‌کند. این حضور گسترده، موقعیت بی پی را به عنوان یک غول انرژی جهانی پیشرو تثبیت می‌کند.

در ژانویه ۲۰۲۳، BP plc خرید شرکت Archaea Energy ، یک شرکت گاز طبیعی تجدیدپذیر مستقر در تگزاس را با تقریباً ۴.۱ میلیارد دلار نهایی کرد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

Engie

Company Overview

Establishment Year	2008
Headquarter	Courbevoie, France
Key Management	Catherine MacGregor (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 89.3 Billion (2022)
Headcount	~ 97,297 (2022)
Website	http://engie.com/en

Engie به طور فعال در حال گسترش در بخش بیوگاز است و بر توسعه و اداره کارخانه‌های بیومتان تمرکز دارد. این شرکت با تعهد ۸۰۰ میلیون یورویی از ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴، هدف دارد زیرساخت‌های بیوگاز در فرانسه را بهبود بخشد تا به هدف قانون انتقال انرژی یعنی ۱۰٪ گاز سبز تا سال ۲۰۳۰ دست یابد. اخیراً، Engie رینبارو فارم در بریتانیا را خریداری کرد و پیش از این نیز آیگزورا انرجی لیمیتد را به دست آورد تا حضور خود در گاز تجدیدپذیر تقویت کند. Engie نیو ونچرز همچنین در شرکت وس، یک استارت آپ برای پالایش تولید بیوگاز از زیست توده سرمایه گذاری کرده است. این اقدامات نشان دهنده تعهد Engie به راه حل‌های انرژی تجدیدپذیر و حرکت به سمت آینده‌ای با کربن خنثی است.Engie حضوری قدرتمند در سراسر اروپا، آمریکا، آسیا-اقیانوسیه، آفریقا و خاورمیانه دارد. در اروپا، این شرکت در فرانسه، بلژیک، آلمان، بریتانیا و هلند برجسته است. Engie همچنین در آمریکای شمالی و جنوبی، از جمله ایالات متحده، کانادا، برزیل، شیلی و کلمبیا فعالیت می‌کند. در منطقه آسیا-اقیانوسیه، بر استرالیا، هند، سنگاپور و فیلیپین تمرکز دارد تا تقاضای فزاینده برای انرژی تجدیدپذیر را برآورده کند. علاوه بر این، Engie در پروژه‌های انرژی در آفریقا و خاورمیانه مشارکت دارد و از توسعه پایدار پشتیبانی می‌کند. به طور کلی، گستره جغرافیایی وسیع Engie نشان دهنده تعهد آن به ارائه راه حل‌های انرژی نوآورانه در سراسر جهان است. در مارس ۲۰۲۴، Engie در شرکت WASE ، یک شرکت بریتانیایی که فناوری ایجاد می‌کند و تولید متان از زیست توده را ۳۰٪ افزایش می‌دهد، حتی از منابع ضایعات ای که قبلاً تصفیه نشده بودند، سرمایه گذاری کرد. - در مارس ۲۰۲۴، شرکت حقوقی Burges Salmon، مستقر در بریتانیا، به Engie در خرید Rainbarrow Farm، که به دلیل قابلیت‌های نوآورانه هضم بی هوازی شناخته شده است، کمک کرد.

Hitachi-Zosen

Company Overview

Establishment Year	1881
Headquarter	Osaka, Japan
Key Management	Takashi Tanisho (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 4.1 Billion (2023)
Headcount	~ 11,400 (2023)
Website	http://www.hitachizosen.co.jp/

شرکت Hitachi Zosen، از طریق شرکت تابعه خود Hitachi Zosen Inova (HZI)، در حال گسترش حضور خود در بخش بیوگاز است. اخیراً، HZI سهام عمده در Schmack Biogas، یک شرکت ایتالیایی بیوگاز را به دست آورد تا سبد گاز تجدیدپذیر خود را تقویت کرده و فعالیت‌های بیومتان خود را گسترش دهد. این حرکت از هدف HZI برای رشد در بازار بیوگاز اروپا و کمک به اقدامات کربن زدایی و اقتصاد چرخشی پشتیبانی می‌کند. علاوه بر این، HZI به طور فعال در پیشبرد فناوری‌های ضایعات به انرژی و ارتقای گاز مشارکت دارد، با پروژه‌هایی در دانمارک و ابوظبی، و همچنین یک کارخانه پایلوت جذب کربن در بریتانیا. این تلاش‌ها با استراتژی گسترده‌تر Hitachi Zosen برای ارائه راه حل‌های انرژی پایدار و تسهیل انتقال انرژی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جهانی همسو است. شرکت Hitachi Zosen به طور استراتژیک خود را در مناطق کلیدی جهانی، از جمله آسیا-اقیانوسیه، آمریکای شمالی، اروپا، خاورمیانه، آفریقا و اقیانوسیه قرار داده است. در ژاپن، دفتر مرکزی، تأسیسات تولیدی و مراکز تحقیقاتی آن محور عملیات آن هستند. فراتر از ژاپن، این شرکت به چین، جنوب شرقی آسیا، ایالات متحده، کانادا، آلمان، بریتانیا، کشورهای شورای همکاری خلیج فارس، استرالیا و نیوزیلند گسترش می‌یابد. این حضور جهانی استراتژیک به Hitachi Zosen اجازه می‌دهد تا از نقاط قوت محلی بهره برداری کند، به بازارهای نوظهور دسترسی یابد و به طور بین المللی همکاری کند و رهبری خود را در بخش‌های انرژی تجدیدپذیر، راه حل‌های محیط زیستی و ماشین آلات صنعتی تثبیت کند.

در فوریه ۲۰۲۴، Hitachi Zosen Inova (HZI) قراردادی برای نصب یک سیستم پیشرفته گریت و دیگ بخار در یک کارخانه موجود ضایعات سوز به انرژی در دارمشتات تضمین کرد. در ژوئیه ۲۰۲۱، Hitachi Zosen Inova (HZI) تخصص خود را در گازهای تجدیدپذیر با کسب Schmack Biogas Service GmbH و microbEnergy GmbH، از جمله عملیات تجاری و کل کارکنان آنها، گسترش داد.

Equinor

Company Overview

Establishment Year	1972
Headquarter	Stavanger, Norway
Key Management	Anders Opedal (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 90.9 Billion (2021)
Headcount	~ 21,126 (2021)
Website	http://www.equinor.com/

Equinor به عنوان بخشی از استراتژی گسترده‌تر انرژی تجدیدپذیر خود برای کاهش انتشار کربن، در حال پیشرفت در بخش بیوگاز است. این شرکت به طور فعال در پروژه‌ها و مشارکت‌های بیوگاز سرمایه گذاری می‌کند تا سبد انرژی تجدیدپذیر خود را تقویت کند و بر پایداری تأکید دارد. به طور قابل توجه، Equinor در حال ادغام بیوگاز در ترکیب انرژی خود است و از تخصص خود در تولید انرژی بهره می‌گیرد. این تلاش‌ها با هدف Equinor برای دستیابی به انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰، که در گزارش‌های آن بیان شده است، همسو می‌باشد. Equinor همچنین در حال کاوش فرصت‌های جدید در بیوگاز برای پشتیبانی از انتقال انرژی جهانی و پاسخگویی به نیازهای انرژی فزاینده با انتشارات کمتر است. Equinor ای اس ای، یک شرکت انرژی پیشرو مستقر در نروژ، دارای حضوری قدرتمند در سراسر جهان است که اروپا، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، آفریقا، آسیا-اقیانوسیه و خاورمیانه را در بر می‌گیرد. Equinor که در نفت، گاز و انرژی تجدیدپذیر تخصص دارد، در مناطق کلیدی از جمله کشور خود، ایالات متحده، برزیل و بریتانیا فعالیت می‌کند. Equinor با این دسترسی گسترده، خود را به عنوان یک بازیکن انرژی همه کاره تثبیت می‌کند، که آماده است تا با تغییرات بازار سازگار شود و راه حل‌های انرژی پایدار را در سراسر جهان پیش ببرد.

Eni

Company Overview

Establishment Year	1953
Headquarter	Rome, Lazio, Italy
Key Management	Claudio Descalzi (CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 101.3 Billion (2023)
Headcount	~ 32,324 (2023)
Website	https://www.eni.com/

Eni S.p.A. به عنوان بخشی از استراتژی گسترده‌تر کربن زدایی خود، به طور فعال در حال گسترش حضور خود در بخش

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

بیوگاز است. اخیراً، Eni از طریق شرکت تابعه خود Ecofuel ، شرکت FRI-EL Biogas Holding ، یک تولیدکننده پیشرو بیوگاز ایتالیایی را خریداری کرد. این خرید شامل ۲۱ کارخانه بیوگاز و یک تأسیسات برای پردازش بخش آلی پسماند جامد شهری می‌شود که Eni برنامه دارد آن را به یک واحد تولید بیومتان تبدیل کند. پیش بینی می‌شود این کارخانه پس از راه اندازی، سالانه بیش از ۵۰ میلیون متر مکعب بیومتان به شبکه گاز عرضه کند. این حرکت با هدف تقویت نقش Eni در اقتصاد چرخشی و پشتیبانی از هدف آن برای تبدیل شدن به تولیدکننده برتر بیومتان در ایتالیا است که سهم قابل توجهی در کاهش انتشارات و ترویج راه حل‌های انرژی پایدار دارد. Eni S.p.A. ، غول چندملیتی نفت و گاز ایتالیایی، دارای حضوری قابل توجه در سطح جهانی است که اروپا، آفریقا، خاورمیانه، آمریکای شمالی، آمریکای جنوبی، آسیا-اقیانوسیه و مناطق روسیه/خزر را در بر می‌گیرد. Eni با دفتر مرکزی در رم، عملیات خود را به بریتانیا، نروژ و آلمان در اروپا گسترش داده و همچنین نیجریه، آنگولا، لیبی و مصر را در آفریقا شامل می‌شود. در خاورمیانه، انی در عراق و امارات متحده عربی فعال است و در عین حال منافعی در خلیج مکزیک در آمریکای شمالی و ماسه‌های نفتی کانادا دارد. عملیات آمریکای جنوبی شامل ونزوئلا، برزیل و آرژانتین است، با منافعی در بازارهای آسیایی مانند اندونزی و استرالیا. مشارکت‌های استراتژیک در روسیه و منطقه خزر به طور بیشتر موقعیت Eni را به عنوان یک بازیکن پیشرو جهانی انرژی، که به طور استراتژیک در بازارهای کلیدی worldwide قرار گرفته است، تثبیت می‌کند.

ConocoPhillips

Company Overview

Establishment Year	2002
Headquarter	Houston, Texas, U.S.
Key Management	Ryan Lance (Chairman & CEO)
Revenue (US$ Bn)	$ 58.5 Billion (2023)
Headcount	~ 9,900 (2023)
Website	https://conocophillips.com/

ConocoPhillips برای متنوع سازی سبد انرژی و کاهش انتشار کربن، در حال پیشرفت در بخش بیوگاز است. اخیراً، این شرکت بر انرژی تجدیدپذیر، به ویژه تولید بیوگاز تمرکز کرده است. در سال ۲۰۲۳، ConocoPhillips ۵۰٪ سهم باقیمانده در پروژه Surmont را به دست آورد، که گامی مهم در راستای سرمایه گذاری در انرژی پایدار است. این حرکت، ظرفیت تولید انرژی تجدیدپذیر شرکت، از جمله بیوگاز را افزایش می‌دهد و با اهداف انتقال انرژی جهانی همسو است. علاوه بر این، ConocoPhillips به طور فعال در پروژه‌هایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تقویت قابلیت‌های انرژی تجدیدپذیر خود مشارکت دارد، که نشان دهنده تغییر استراتژیک به سمت راه حل‌های انرژی پایدار است. ConocoPhillips به طور استراتژیک در سراسر قاره‌ها فعالیت می‌کند، با حضوری قدرتمند در آمریکای شمالی، به ویژه در ایالات متحده و کانادا، که بر مناطق کلیدی غنی از نفت مانند حوضه پرمین و ماسه‌های نفتی کانادا تمرکز دارد. این شرکت به طور بین المللی در اروپا (به ویژه دریای شمال)، آسیا-اقیانوسیه (استرالیا و اندونزی) و خاورمیانه (قطر و امارات متحده عربی) فعال است و در پروژه‌های اکتشاف و توسعه فراساحلی مشارکت دارد. این ردپای جهانی نشان دهنده تعهد ConocoPhillips به یک سبد متنوع و موقعیت برجسته آن در صنعت انرژی است. در دسامبر ۲۰۲۳، ConocoPhillips پروژه ویلو در آلاسکا را تأیید کرد، سرمایه گذاری را مهر و موم کرد و ساخت و ساز را برای آغاز تولید اولیه نفت آغاز کرد. در اکتبر ۲۰۲۳، ConocoPhillips ۵۰٪ سهم باقیمانده در سورمونت را از توتال انرجیز ای پی کانادا خریداری کرد.

شرکت Gasum (فنلاند) یک شرکت انرژی فنلاندی است که گاز تجدیدپذیر، از جمله بیوگاز را تولید و توزیع می‌کند. آن‌ها

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کارخانه‌های بیوگاز را اداره می‌کنند و بر تبدیل پسماند آلی به بیوگاز از طریق هضم بیهوازی تمرکز دارند. گازوم با ارائه بیوگاز به عنوان جایگزین پاک برای سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل، نقش کلیدی در اقتصاد چرخشی ایفا می‌کند.

شرکت DMT Environmental Technology (هلند) در توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های ارتقای بیوگاز تخصص دارد. این شرکت راه‌حل‌هایی برای تبدیل بیوگاز خام به بیومتان تصفیه شده ارائه می‌دهد که می‌تواند به شبکه‌های گاز تزریق یا به عنوان سوخت حمل‌ونقل استفاده شود. DMT Environmental Technology با فناوری‌های انحصاری ارتقای خود، پیشرو در ارائه راه‌حل‌های انرژی پایدار از بیوگاز است.

تخمیر تاریک

دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، یک مؤسسه دانشگاهی پیشرو در خط مقدم تحقیقات بیوهیدروژن و تخمیر تاریک است. پژوهشگران در یوسی برکلی بر روی توسعه سیستم‌های میکروبی جدیدی کار می‌کنند که می‌توانند در غیاب نور هیدروژن تولید کنند و فرآیندهای تخمیر تاریک را برای کاربردهای صنعتی پیش می‌برند. کار این دانشگاه بر بهینه‌سازی این فرآیندها برای امکان‌پذیر کردن تولید هیدروژن در مقیاس بزرگ و پایدار متمرکز است.

دانشگاه کوئینزلند (یوکیو) به‌طور فعال در تحقیق درباره تخمیر تاریک به عنوان روشی برای تولید بیوهیدروژن مشارکت دارد. پژوهشگران یوکیو در حال بررسی این موضوع هستند که چگونه میکروارگانیسم‌ها می‌توانند بدون نیاز به نور، پسماند آلی را به هیدروژن تبدیل کنند، که به طور بالقوه می‌تواند تخمیر تاریک را به یک جایگزین مقرون‌به‌صرفه و پایدار برای تولید هیدروژن تبدیل کند.

مؤسسه Fraunhofer UMSICHT (آلمان) یک مؤسسه تحقیقاتی در آلمان است که در فناوری‌های محیط زیست و انرژی تخصص دارد. یکی از حوزه‌های کلیدی تحقیقاتی آن، تخمیر تاریک، به‌ویژه در تولید بیوهیدروژن است. فراونهافر اوم‌زیکت سیستم‌هایی را توسعه می‌دهد که از پسماند آلی برای تولید هیدروژن استفاده می‌کنند و به سمت تجاری‌سازی فناوری‌های تخمیر تاریک برای راه‌حل‌های انرژی پایدار کار می‌کنند.

آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر (NREL) (آمریکا) تحقیقاتی را در مورد فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، از جمله تخمیر تاریک انجام می‌دهد. کار آن‌ها بر روی سیستم‌های میکروبی متمرکز است که از مواد آلی بیوهیدروژن تولید می‌کنند. ان‌آرای‌ال متعهد به پیشبرد کارایی و مقیاس‌پذیری فرآیندهای تخمیر تاریک برای کمک به انتقال انرژی گسترده‌تر است.

مؤسسه سلطنتی فناوری KTH (سوئد) در تحقیقات پیشرفته در مورد تخمیر تاریک مشارکت دارد. پژوهشگران آن بر بهبود فرآیندهای میکروبی که سوبستراهای آلی را به هیدروژن تبدیل می‌کنند، تمرکز دارند و هدف آن‌ها بهینه‌سازی تخمیر تاریک برای تولید هیدروژن در مقیاس بزرگ است.

شرکت Capro-X (آمریکا) یک شرکت زیست‌فناوری است که بر توسعه فناوری‌های طویل‌سازی زنجیره برای تولید مواد شیمیایی زیست‌بنیان تمرکز دارد. کاپرو-ایکس با استفاده از یک فرآیند تخمیر، مواد شیمیایی ارزشمندی مانند اسید کاپروئیک را از منابع تجدیدپذیر تولید می‌کند. فناوری آن‌ها یک جایگزین سازگار با محیط زیست برای فرآیندهای پتروشیمی سنتی ارائه می‌دهد.

شرکت Bio-on (ایتالیا) یک شرکت زیست‌فناوری است که در تولید زیست‌پلاستیک‌ها و مواد شیمیایی از طریق فرآیندهای تخمیر، از جمله طویل‌سازی زنجیره تخصص دارد. رویکرد نوآورانه بایو-آن از منابع کربن تجدیدپذیر برای تولید پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌کند که به کاهش پسماند پلاستیکی در محیط زیست کمک می‌کند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شـرکت Green Biologics (آمریکا) یک شـرکت پیشـرفته زیسـت‌انرژی اسـت که از فرآیندهای تخمیر، از جمله طویل‌سـازی زنجیره، برای تولید مواد شیمیایی و سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر استفاده می‌کند. این شرکت بر تولید مواد شیمیایی پایدار و زیست‌بنیان مانند بوتانول و استون تمرکز دارد که به طور سنتی از سوخت‌های فسیلی به دست می‌آیند.

شـرکت Genomatica (آمریکا) یک شـرکت پیشـرو در زیسـت‌فناوری پایدار اسـت و در طویل‌سـازی زنجیره برای تولید مواد شـیمیایی زیسـت‌بنیان تخصـص دارد. فناوری آن‌ها تولید مواد شـیمیایی مانند ۱ و ۴-بوتان‌دیول (BDO) از خوراک‌های تجدیدپذیر را امکان‌پذیر می‌سازد و نیاز به فرآیندهای پتروشیمی را جایگزین می‌کند.

هم چنین استارت اپ‌های موجود برای این ترندها به شرح جدول زیر است:

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نام استارتاپ	سرمایه جذب‌شده	ایده اصلی	برنامه‌های آتی
Electric Hydrogen	۳۸۰ میلیون دلار	توسعه الکترولایزرهای مقیاس بزرگ برای تولید هیدروژن سبز.	گسترش ظرفیت تولید و توسعه بازارهای جدید.
NovoHydrogen	۲۰ میلیون دلار	توسعه پروژه‌های هیدروژن سبز در ایالات متحده.	توسعه پروژه‌های جدید و گسترش بازار.
Modern Hydrogen	۲۵ میلیون دلار	توسعه فناوری‌های هیدروژن برای تولید انرژی پاک.	گسترش ظرفیت تولید و توسعه بازارهای جدید.
PuriFire Labs	مبلغ دقیق نامشخص	تولید هیدروژن از زیست‌توده و پسماندها با استفاده از فناوری‌های نوین.	توسعه فناوری و تجاری‌سازی محصولات.
Hysata	مبلغ دقیق نامشخص	توسعه فناوری الکترولیز برای تولید هیدروژن با کارایی بالا.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.
Meva Energy	۴۰ میلیون یورو	توسعه فناوری‌های بیوگاز در اروپا با حمایت بانک سرمایه‌گذاری اروپا.	ساخت تأسیسات جدید و گسترش ظرفیت تولید.
Reverion	۵۶ میلیون یورو	توسعه تأسیسات بیوگاز در آلمان با استفاده از فناوری‌های نوین.	گسترش ظرفیت تولید و توسعه بازارهای جدید.
CryoCollect	۴ میلیون یورو	توسعه فناوری‌های جذب کربن در فرآیندهای بیوگاز.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.
Calpech	۶۰۰ هزار یورو	توسعه فناوری‌های بیوگاز با استفاده از نانوذرات آهن و کربن برای افزایش بازده تولید.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.
Hydron Energy	مبلغ دقیق نامشخص	توسعه سیستم‌های ارتقای بیوگاز به گاز طبیعی تجدیدپذیر در کانادا.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار
Dark Green	مبلغ دقیق نامشخص	تبدیل پسماندهای غذایی به سوخت سبز با استفاده از تخمیر بی‌هوازی.	ساخت تأسیسات جدید در شهرهای مختلف بریتانیا.
Capro-X	مبلغ دقیق نامشخص	تولید اسید کاپروئیک از منابع تجدیدپذیر با استفاده از فناوری‌های تخمیر.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.
Genomatica	مبلغ دقیق نامشخص	تولید مواد شیمیایی پایدار از منابع تجدیدپذیر با استفاده از فناوری‌های تخمیر.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.
Green Biologics	مبلغ دقیق نامشخص	تولید بوتانول و استون از منابع زیستی با استفاده از فناوری‌های تخمیر.	تجاری‌سازی فناوری و گسترش بازار.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲-۳-۴- زیست پالایی الاینده ها

حوزه‌ی زیست‌پالایی آلاینده‌ها[1] به همراه زیرشاخه‌های حیاتی آن شامل زیست‌فیلتراسیون[2]، زیست‌پالایی خاک[3] و فناوری میکروبی الکتروشیمیایی (MET)[4]، یک خوشه‌ی فناورانه‌ی کلیدی و ترند در زیست‌فناوری صنعتی محسوب می‌شود که با هدف توسعه‌ی راهکارهای پایدار برای کاهش اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی و شهری توسعه یافته است. در حقیقت، زیست‌پالایی آلاینده‌ها به عنوان چتر اصلی این خوشه، مجموعه‌ای از فرآیندهای میکروبی و آنزیمی را در بر می‌گیرد که در آن از موجودات زنده، عمدتاً میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها و قارچ‌ها)، برای تجزیه، حذف یا تبدیل آلاینده‌های خطرناک (مانند فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی سمی) به مواد کم‌خطر یا غیرسمی استفاده می‌شود. این فرآیندها نه تنها با اصول شیمی سبز[5] سازگار هستند، بلکه جایگزینی مؤثر برای روش‌های فیزیکی و شیمیایی گران‌قیمت و پرانرژی محسوب می‌شوند.

پالایش زیستی آلاینده‌ها فرآیندی است که از میکروارگانیسم‌ها، گیاهان یا سایر موجودات برای تجزیه یا خنثی‌سازی آلاینده‌ها از محیط زیست، به‌طور خاص از خاک، آب یا هوا استفاده می‌کند. این فرآیند شامل بهره‌برداری از توانایی طبیعی این موجودات برای سم‌زدایی مواد خطرناک است. این روش معمولاً در پاک‌سازی سایت‌های آلوده مانند نشت نفت، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها و حلال‌های آلی به کار می‌رود. در زیست‌فناوری صنعتی، پالایش زیستی با استفاده از میکروارگانیسم‌های مهندسی‌شده یا فرآیندهای زیستی، نقش کلیدی در تصفیه پسماند و پاک‌سازی محیط زیست ایفا می‌کند. پیشرفت‌های زیست‌فناوری در این زمینه، توسعه فرآیندهای کارآمد و پایدار برای پالایش آلودگی را ممکن ساخته است. از سوی دیگر، زیست‌پالایی یک فرآیند تصفیه است که از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه آلاینده‌ها در هوا یا آب استفاده می‌کند. این روش اغلب در کنترل آلودگی هوای ناشی از انتشارات صنعتی، تصفیه پساب و حذف بو به کار می‌رود. این فناوری ترکیبات آلی فرار، آمونیاک و سایر گازهای تولیدشده توسط فعالیت‌های صنعتی را تصفیه می‌کند. در زیست‌فناوری صنعتی، از زیست‌پالایی برای ایجاد سیستم‌های فیلتر مهندسی‌شده استفاده می‌شود که فرآیندهای زیستی را برای پاک‌سازی انتشارات هوای صنعتی و پساب ادغام می‌کنند و به پایداری محیط زیست کمک می‌کنند. این تکنیک به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن و سازگاری با محیط زیست اهمیت یافته است.

پالایش زیستی خاک شامل استفاده از میکروارگانیسم‌ها یا گیاهان برای پاک‌سازی آلاینده‌ها در خاک است. این موجودات یا آلاینده‌های آلی را تجزیه می‌کنند، یا ترکیبات خطرناک را خنثی کرده یا آلاینده‌ها را به مواد کم‌ضررتر تبدیل می‌کنند. این فرآیند اغلب برای پالایش سایت‌های آلوده شده توسط نشت نفت، رواناب کشاورزی و آلاینده‌های شیمیایی در خاک‌ها به کار می‌رود. در کاربردهای صنعتی، پالایش زیستی خاک از طریق پیشرفت‌های زیست‌فناوری، مانند میکروارگانیسم‌های مهندسی‌شده ژنتیکی، بهبود می‌یابد که کارایی و سرعت فرآیندهای سم‌زدایی را افزایش می‌دهند. پالایش زیستی خاک با بهبود کیفیت خاک و کاهش تأثیر محیطی آلاینده‌ها، به بازسازی محیط‌های آلوده کمک می‌کند.

---

[1] Pollutant Bioremediation

[2] Biofiltration

[3] Soil Bioremediation

[4] Microbial Electrochemical technologies (MET)

[5] Green Chemistry

https://heiatelmi.ir

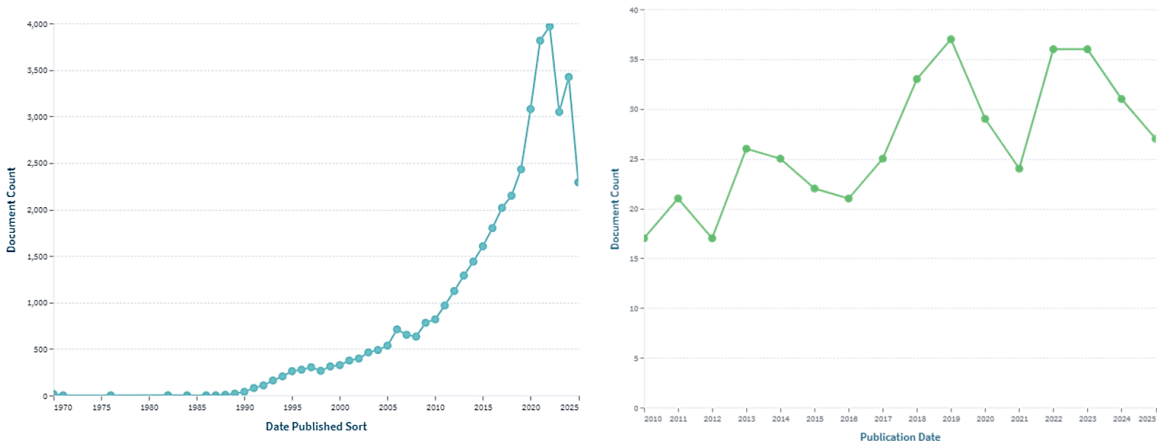
وب سایت هیات علمی

فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی از میکروارگانیسم‌ها برای تسهیل واکنش‌های ردوکس استفاده می‌کنند و برق تولید کرده یا آلاینده‌ها را در سلول‌های الکتروشیمیایی حذف می‌کنند. از این فناوری‌ها در تصفیه پساب، تولید برق و حذف آلاینده استفاده می‌شود. برای مثال، از پیل‌های سوختی میکروبی و سلول‌های الکترولیز میکروبی برای تصفیه پساب و همزمان تولید برق یا تولید مواد شیمیایی ارزشمند استفاده می‌شود. در زیست‌فناوری صنعتی، از فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی به روش‌های مختلف برای بهبود فرآیندهای تصفیه پساب و ترویج تولید پایدار انرژی استفاده می‌شود. فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی با بهره‌برداری از قدرت میکروارگانیسم‌ها در سیستم‌های زیست‌الکتروشیمیایی، راه‌حل‌های نوآورانه و سازگار با محیط زیست برای مدیریت پسماند صنعتی ارائه می‌دهند.

همه این فناوری‌ها در حوزه زیست‌فناوری صنعتی محیط زیست با یکدیگر مرتبط هستند، زیرا از سیستم‌های زیستی برای مقابله با آلودگی محیط زیست استفاده می‌کنند. در حالی که پالایش زیستی آلاینده‌ها، زیست‌پالایی، پالایش زیستی خاک و فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی هر کدام بر انواع مختلف آلاینده‌ها متمرکز هستند، هدف مشترک همه آن‌ها استفاده از فرآیندهای زیستی برای تصفیه یا سم‌زدایی محیط زیست است. کاربرد این فناوری‌ها در محیط‌های صنعتی، مانند تصفیه پساب، کنترل آلودگی هوا و پاک‌سازی خاک، نقش روزافزون زیست‌فناوری در ایجاد راه‌حل‌های پایدار و مقرون‌به‌صرفه برای حفاظت از محیط زیست را برجسته می‌کند. زیست‌فناوری صنعتی از طریق نوآوری در سیستم‌های میکروبی و الکتروشیمیایی، به‌طور فزاینده‌ای به عنوان ابزاری حیاتی برای کاهش تأثیر محیطی فرآیندهای صنعتی، ترویج اقتصادهای چرخشی و پیشبرد فناوری‌های سازگار با محیط زیست دیده می‌شود.

نرخ رشد سالانه ترکیبی CAGR در زیست پالایی بین ۹.۶-۱۳٪ پیش بینی شده است[۲۲-۲۵].

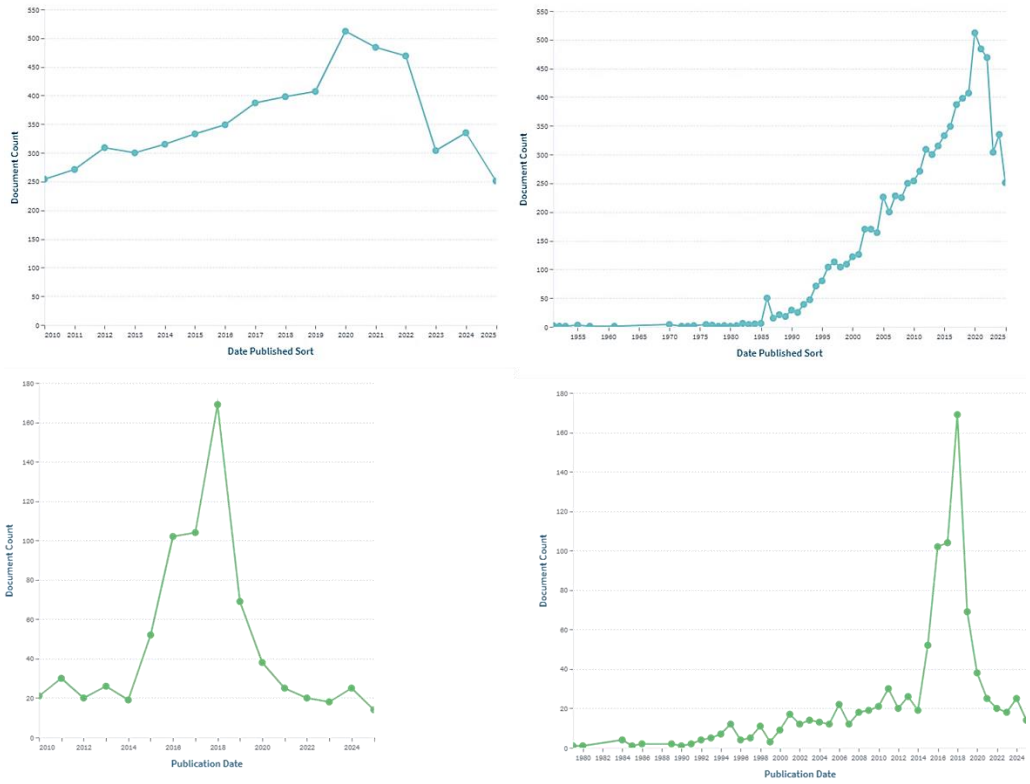
در بحث زیست پالایی آلاینده ها، روند صعودی مقالات از سال ۲۰۰ آغاز گردیده در حالی که پتنت ها از سال ۲۰۰۵ شروع شده است، بنابراین علی رغم کاهش روند تولید مقالات، به نظر میرسد تجاری سازی این فناوری با توجه به پتنت های ثبت شده در آغاز راه است.



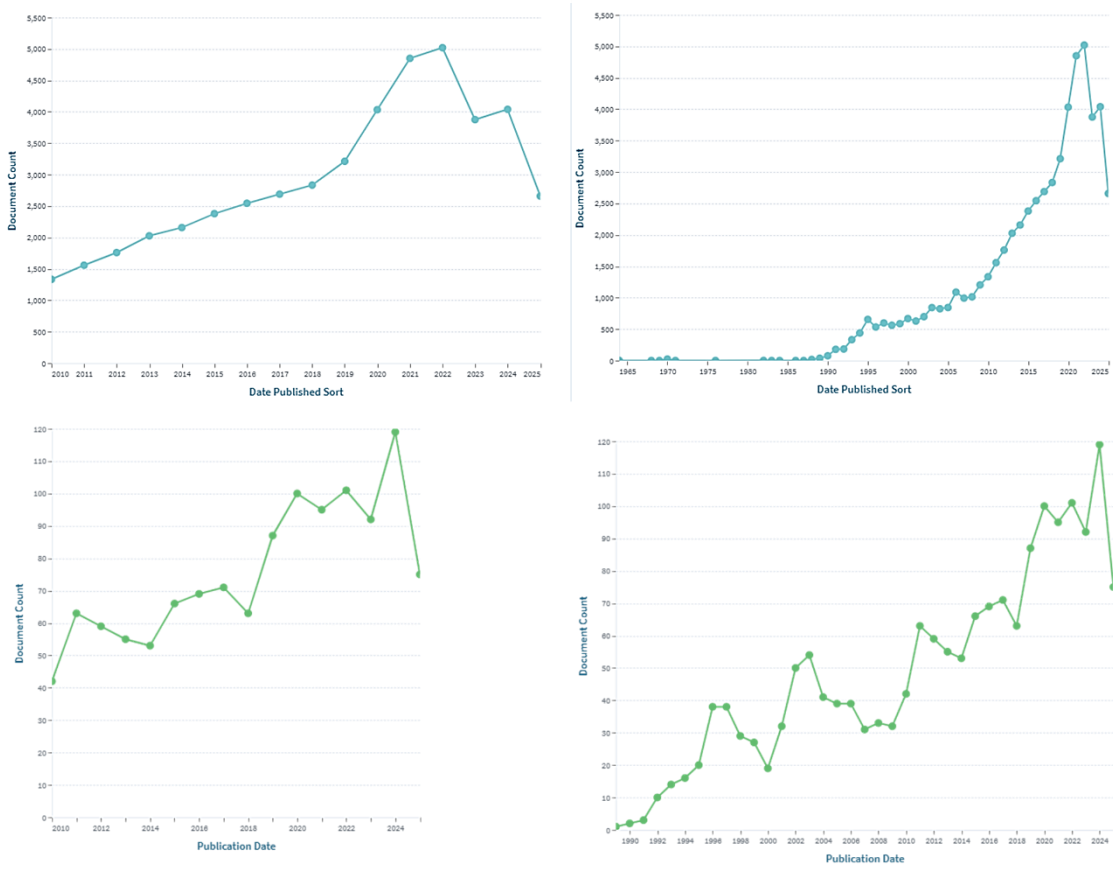
شکل (۹-۴) (راست) پتنت و (چپ) مقالات منتشر شده در حوزه زیست پالایی الاینده ها

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



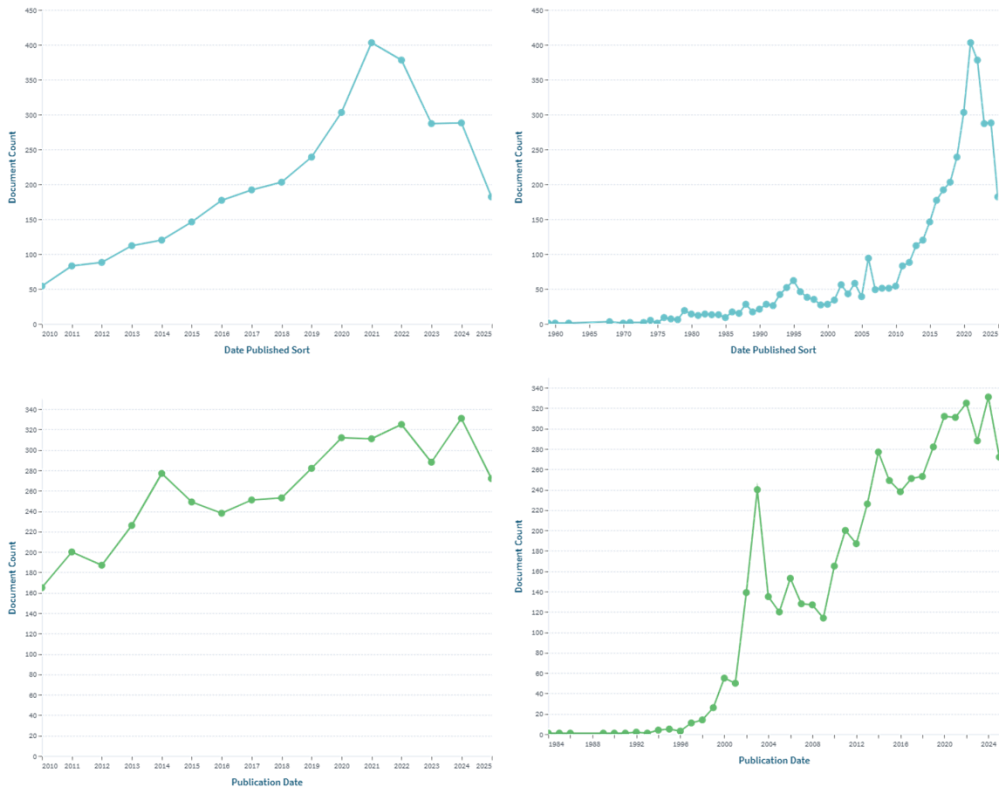
شکل (۱۰-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) بیوفیلتراسیون



شکل (۱۱-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) زیست پالایی خاک

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۲-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) فناوری میکروبی الکتروشیمیایی (MET)

در ادامه مروری بر شرکت‌های پیشرو در هر یک از فناوری‌های فهرست شده ارائه می‌شود:

شرکت Biorem Inc یک شرکت پیشرو در فناوری‌های زیست‌پالایی و پالایش زیستی است. مأموریت آن، توسعه راه‌حل‌های نوآورانه و مقرون‌به‌صرفه برای تصفیه هوا و آب با استفاده از فرآیندهای میکروبی است. تمرکز این شرکت بر ارائه خدمات به صنایعی است که با ترکیبات آلی فرار و سایر آلاینده‌ها سر و کار دارند. این شرکت در حال گسترش حضور در بازار، به ویژه در آمریکای شمالی است و برای گسترش، سرمایه‌گذاری دریافت می‌کند. هدف این شرکت، کاهش ردپای کربن با ارائه روش‌های پایدار زیستمحیطی برای کنترل آلودگی است.

شرکت Thermo Fisher Scientific یکی دیگر از شرکت‌های فعال در حوزه زیست پالایی آلاینده‌ها است، اگرچه تمرکز سنتی این شرکت بر روی ابزارهای آزمایشگاهی است، اما بخش بزرگی از کسب‌وکار آن به ارائه خدمات پالایش زیستی و کنترل آلودگی اختصاص دارد. محصولات و راه‌حل‌های این شرکت به صنایع در مدیریت تأثیرات زیست‌محیطی از طریق روش‌های زیستی کمک می‌کنند. درآمد این شرکت در سال ۲۰۲۲ حدود ۴۵ میلیارد دلار گزارش شده است و سرمایه‌گذاری قابل توجهی در راه‌حل‌های زیستمحیطی به عنوان بخشی از سبد گسترده خود انجام می‌دهد.

شرکت Clean Harbors در مدیریت پسماندهای خطرناک پیشرو است و همچنین در خدمات پالایش زیستی، به ویژه در پاک‌سازی نشت نفت و سایت‌های آلوده، سرآمد است. درآمد این شرکت در سال ۲۰۲۲، ۴.۷ میلیارد دلار گزارش شده است. این شرکت سرمایه‌گذاری قابل توجهی برای گسترش خدمات زیستمحیطی خود در سطح جهانی دریافت می‌کند. چشم انداز این شرکت، اطمینان از ایمنی و پایداری منابع طبیعی از طریق ارائه خدماتی مانند دفع پسماند، پاک‌سازی مواد خطرناک و پالایش زیستی است.

شرکت Biomara در سیستم‌های زیست‌پالایی برای تصفیه انتشارات هوای صنعتی و پساب تخصص دارد. راه‌حل‌های این

https://heiatelmi.ir

شرکت جایگزینی کم‌هزینه و سازگار با محیط زیست برای روش‌های سنتی کنترل آلودگی ارائه می‌دهد. این شرکت نسبتاً کوچک است، اما چندین دور سرمایه‌گذاری خطرپذیر را برای گسترش کسب‌وکار و افزایش تأثیر خود در اروپا جذب کرده است.

شرکت Xylem Inc. یک شرکت پیشرو جهانی در فناوری آب است که راه‌حل‌های زیست‌پالایی را به عنوان بخشی از خدمات جامع تصفیه آب خود ارائه می‌دهد. درآمد این شرکت در سال ۲۰۲۲، ۵.۲ میلیارد دلار بود. این شرکت سرمایه‌گذاری قابل توجهی در فناوری‌های زیست‌محیطی مرتبط با آب انجام داده است. هدف اصلی این شرکت، پرداختن به چالش‌برانگیزترین مسائل آب در جهان با ارائه راه‌حل‌های نوآورانه برای حفظ منابع آب شیرین است.

شرکت Veolia North America سیستم‌های زیست‌پالایی برای تصفیه پساب و انتشارات هوا ارائه می‌دهد. فناوری‌های این شرکت بر پایداری متمرکز هستند و هدف آن کمک به صنایع برای کاهش ردپای زیست‌محیطی است. بخش آمریکای شمالی این شرکت درآمد سالانه‌ای بیش از ۴ میلیارد دلار دارد.

تمرکز شرکت Envirogen Technologies بر پالایش خاک و آب‌های زیرزمینی است و طیفی از فناوری‌های پالایش زیستی برای تصفیه سایت‌های آلوده ارائه می‌دهد. این شرکت در پروژه‌های زیستمحیطی مهم جهانی زیادی مشارکت داشته است.

شرکت Bioremediation Consulting Inc. (BCI) خدمات پالایش زیستی برای خاک، آب‌های زیرزمینی و سایر آلاینده‌های زیستمحیطی ارائه می‌دهد.

شرکت Soilutions Inc. راه‌حل‌های زیستی برای پاک‌سازی زیستمحیطی، به ویژه در آلودگی خاک، ارائه می‌دهد. uhین شرکت یک شرکت خصوصی و کوچک است اما به طور فعال در پروژه‌های بازسازی زیستمحیطی مشارکت دارد.

شرکت Evoqua Water Technologies یک شرکت پیشرو در راه‌حل‌های تصفیه آب است و فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی را به عنوان بخشی از سیستم‌های نوآورانه تصفیه آب و پساب خود ارائه می‌دهد. درآمد سالانه این شرکت در سال ۲۰۲۲ حدود ۲.۵ میلیارد دلار بود. این شرکت به سرمایه‌گذاری سنگین در فناوری‌های پایدار، از جمله MET، ادامه می‌دهد.

شرکت Cambrian Innovation بر توسعه فناوری‌های الکتروشیمیایی میکروبی برای تصفیه پساب صنعتی تمرکز دارد. این شرکت سرمایه‌گذاری خطرپذیر قابل توجهی دریافت کرده و با چندین شرکت صنعتی برای گسترش راه‌حل‌های MET خود مشارکت دارد. فناوری شاخص Cambrian Innovation ، سیستم EcoVolt است که فناوری الکتروشیمیایی میکروبی (MET) را برای تصفیه پساب و تولید انرژی ادغام می‌کند. این سیستم برای تصفیه پساب صنعتی و همزمان تولید برق یا تولید مواد شیمیایی ارزشمند طراحی شده است. این سیستم در صنایع مختلفی از جمله مواد غذایی و آشامیدنی، لبنیات و آبجوسازی، که در آنها پساب حاوی محتوای آلی بالایی است، مستقر شده است. با بهره‌گیری از جوامع میکروبی، EcoVolt® به طور موثر آلاینده‌های آلی را تجزیه می‌کند و انرژی شیمیایی را به برق یا هیدروژن تبدیل می‌کند که می‌تواند برای تأمین انرژی تأسیسات یا فروش به شبکه برق استفاده شود. این راه‌حل نه تنها روشی پایدار برای تصفیه پساب ارائه می‌دهد، بلکه نگرانی‌های مربوط به مصرف انرژی را نیز برطرف می‌کند و به طور بالقوه تأسیسات تصفیه پساب را به عملیات‌های انرژی مثبت تبدیل می‌کند.

این شرکت‌ها نمایندگان پیشرو در حوزه‌های مربوط به خود در زیست‌فناوری محیطی هستند که با ترویج روش‌های پایدار به مقابله با آلودگی و پسماند پرداخته و در عین حال رشد اقتصادی در صنایع سازگار با محیط زیست را تقویت می‌کنند.

وب سایت هیات علمی

۳-۳-۴- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

انتشار خالص صفر گازهای گلخانه‌ای[1] به تعادل بین مقدار گازهای گلخانه‌ای منتشرشده در اتمسفر و مقدار حذف‌شده از آن اشاره دارد. دستیابی به خالص صفر به این معنی است که هر گاز گلخانه‌ای منتشر شده توسط فرآیندهایی که مقدار معادلی از CO_2 یا سایر گازهای گلخلنه‌ای را حذف می‌کنند، متعادل می‌شود، مانند فناوری‌های جذب کربن یا راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت مانند جنگل‌کاری. هدف، کاهش تغییرات آب و هوایی با کاهش غلظت کلی گازهای گلخلنه‌ای در اتمسفر و تثبیت دمای جهانی است. این مفهوم به دلیل نیاز فوری به مبارزه با تغییرات آب و هوایی به یک هدف مرکزی در سیاست آب و هوایی بین‌المللی تبدیل شده است. دولت‌ها و صنایع در سراسر جهان بر کاهش ردپای کربن و دستیابی به اهداف پایداری به عنوان بخشی از توافقنامه‌های بین‌المللی مانند توافقنامه پاریس متمرکز هستند. علاوه بر این، مفهوم «Net-zero» به طور فزاینده‌ای در حال تبدیل شدن به بخشی از استراتژی‌های شرکتی است، با بسیاری از شرکت‌ها که متعهد به کاهش انتشار در زنجیره تأمین خود هستند.

یکی از مهم‌ترین ا ستراتژی ها در این راستا، استفاده و ذخیره کربن (CCUS)[2] شامل جمع‌آوری انتشار دی اکسید کربن از منابعی مانند نیروگاه‌ها یا فرآیندهای صنعتی، انتقال آن به محل ذخیره و استفاده از آن برای مقاصد تجاری یا ذخیره زیرزمینی آن برای جلوگیری از انتشار آن در اتمسفر است. این فناوری در مقابله با چالش کربن‌زدایی بخش‌هایی که برقی کردن یا کربن‌زدایی کامل آن‌ها دشوار است، مانند تولید سیمان، فولاد و مواد شیمیایی، بسیار مهم است. به عنوان بخشی از تلاش برای دستیابی به اهداف خالص صفر، این فناوری برای کاهش انتشار از بخش‌هایی که حذف مستقیم در آن‌ها امکان‌پذیر نیست، ضروری تلقی می‌شود. روند جهانی توسط تعهدات بین‌المللی برای کاهش انتشار، به ویژه در صنایع سنگین، که سهم قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای جهانی را تشکیل می‌دهند، هدایت می‌شود. اجرای در مقیاس بزرگ این فناوری به کشورها و صنایع امکان می‌دهد تا به فعالیت خود ادامه دهند و در عین حال تأثیر زیست محیطی خود را به حداقل برسانند.

برای پرداختن به چالش‌های دستیابی به انتشار خالص صفر، صرفاً جذب و ذخیره CO2 کافی نیست. فناوری‌هایی مانند تثبیت زیستی نیتروژن[3] (BNF) نیز حیاتی هستند. BNF یک فرآیند طبیعی است که توسط باکتری‌های خاصی انجام می‌شود که نیتروژن جوی را به شکلی تبدیل می‌کنند که گیاهان می‌توانند از آن استفاده کنند. تقویت این فرآیند از طریق مهندسی ژنتیک محصولات کشاورزی یا وارد کردن باکتری‌های تخصصی به خاک می‌تواند نیاز به کودهای مصنوعی را که انرژی‌بر هستند و به طور قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش دارند، کاهش دهد. این رویکرد در چندین منطقه برای کاهش ردپای کربن کشاورزی، به ویژه در کشورهایی با صنایع کشاورزی بزرگ مانند ایالات متحده، برزیل و هند، اتخاذ شده است.

متان‌سازی، یکی دیگر از فناوری‌های مهم، نیز به عنوان بخشی از تلاش گسترده‌تر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مورد توجه قرار گرفته است. متان سازی[4] فرآیند تولید متان از هیدروژن و دی اکسید کربن است، که معمولاً با استفاده از کاتالیزور انجام می‌شود. در زمینه کربن‌زدایی، متان سازی اغلب به عنوان راهی برای ایجاد یک منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر با استفاده از انرژی تجدیدپذیر مازاد (مانند انرژی خورشیدی یا بادی) برای تولید هیدروژن دیده می‌شود، که سپس می‌تواند با CO_2

[1] Net-zero greenhouse gas (GHG) emissions

[2] Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)

[3] Biological nitrogen fixation (BNF)

[4] Methanation

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ترکیب شود تا متانی ایجاد کند که قابل ذخیره و استفاده به عنوان سوخت باشد. با گذر جهان به سمت انرژی تجدیدپذیر، ذخیره انرژی به یک چالش کلیدی تبدیل می‌شود، و متان سازی روشی برای تبدیل برق تجدیدپذیر متناوب به متان قابل ذخیره و قابل استفاده ارائه می‌دهد، که می‌تواند در زیرساخت گاز طبیعی موجود استفاده شود. این امر به ویژه برای حفظ امنیت انرژی با حرکت جهان به سمت منابع انرژی کربن‌زدایی شده مهم است.

این فناوری‌ها در حوزه وسیع‌تر زیست فناوری محیطی و صنعتی به شدت به هم مرتبط هستند زیرا همه آن‌ها در کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای جو و ترویج پایداری نقش دارند. روندهای این فناوری‌ها توسط استراتژی‌های جهانی متمرکز بر اقدام آب و هوایی و پایداری هدایت می‌شوند. بسیاری از کشورها متعهد به دستیابی به انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ شده‌اند، از جمله اتحادیه اروپا، ایالات متحده، چین و دیگران. این تعهدات بخشی از تلاش‌های جهانی برای پایبندی به توافق پاریس و محدود کردن گرمایش جهانی به زیر ۲ درجه سانتی‌گراد است. این امر موجب سرمایه‌گذاری قابل توجه در فناوری‌های مورد نیاز برای رسیدن به خالص صفر، مانند فناوری جذب، استفاده و ذخیره کربن، پذیرش انرژی تجدیدپذیر و کاهش متان شده است. آژانس بین‌المللی انرژی و سازمان ملل متحد نیاز به استقرار در مقیاس بزرگ این فناوری را برای دستیابی به اهداف آب و هوایی برجسته کرده‌اند. چندین کشور، از جمله ایالات متحده و کشورهای اتحادیه اروپا، متعهد به سرمایه‌گذاری در زیرساخت این فناوری شده‌اند. فناوری‌های متان سازی به عنوان بخشی از ادغام انرژی تجدیدپذیر در حال بررسی هستند، که به متعادل کردن تقاضای انرژی نوسانی با منابع انرژی تجدیدپذیر کمک می‌کنند.

در سطح جهانی، برنامه‌های مختلفی برای ترویج توسعه و استقرار فناوری‌های CCUS وجود دارد. موسسه جهانی CCS، یک سازمان بین‌المللی متمرکز بر پیشرفت CCUS، از پروژه‌های متعددی با هدف نشان دادن امکان‌سنجی جذب کربن در مقیاس بزرگ حمایت کرده است. به عنوان مثال، پروژه سد مرزی در کانادا یکی از اولین نیروگاه‌های زغال‌سنگی در مقیاس تجاری جهان برای جذب و ذخیره CO_2 است. پروژه شفق قطبی در نروژ با هدف ساخت یک شبکه انتقال و ذخیره‌سازی CO_2 در مقیاس کامل در دریای شمال است که در نهایت قادر به ذخیره میلیون‌ها تن CO_2 در هر سال خواهد بود. این پروژه‌ها راه را برای استقرار گسترده‌تر فناوری‌های CCUS هموار می‌کنند و پتانسیل آنها را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنایع با کربن بالا نشان می‌دهند.

کشورهایی مانند آلمان و هلند در حال بررسی فناوری‌های Power-to-X هستند که شامل متان‌سازی می‌شود تا انرژی تجدیدپذیر را ذخیره کرده و شبکه انرژی را انعطاف‌پذیرتر کنند. این فرآیند امکان ذخیره انرژی را برای استفاده در زمانی که منابع تجدیدپذیر مانند باد یا خورشید برق تولید نمی‌کنند، فراهم می‌کند.

CAGR مربوط به این فناوری‌ها با توجه به لزوم استقرار سیاست‌های پایداری و محیط زیستی، مطابق جدول زیر است. بازار «متان‌سازی» با بازار گسترده‌تر «متان» متفاوت است، اما پیش‌بینی می‌شود هر دو رشد کنند. بازار خاص «تبدیل برق به گاز» یا «متان‌سازی» که بر تولید متان مصنوعی از برق تجدیدپذیر و CO_2 جذب‌شده تمرکز دارد، هنوز نسبتاً کوچک است اما به سرعت در حال رشد است. اندازه آن در سال ۲۰۲۴ تقریباً ۴۲.۷۳ میلیون دلار تخمین زده شده است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ با نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) حدود ۱۹.۲ درصد به ۱۲۲.۵۶ میلیون دلار برسد[۲۶].

اندازه بازار تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (BNF) بسته به تعریف متفاوت است، اما گزارش‌های اخیر تخمین می‌زنند که بازار جهانی محصولات بیولوژیکی کشاورزی مرتبط با BNF در سال ۲۰۲۴ حدود ۱ میلیارد دلار باشد و پیش‌بینی می‌شود که با نرخ رشد مرکب سالانه ۸.۸ درصد تا سال ۲۰۲۸ به بیش از ۲.۸ میلیارد دلار برسد. گزارش دیگری تخمین می‌زند که بازار

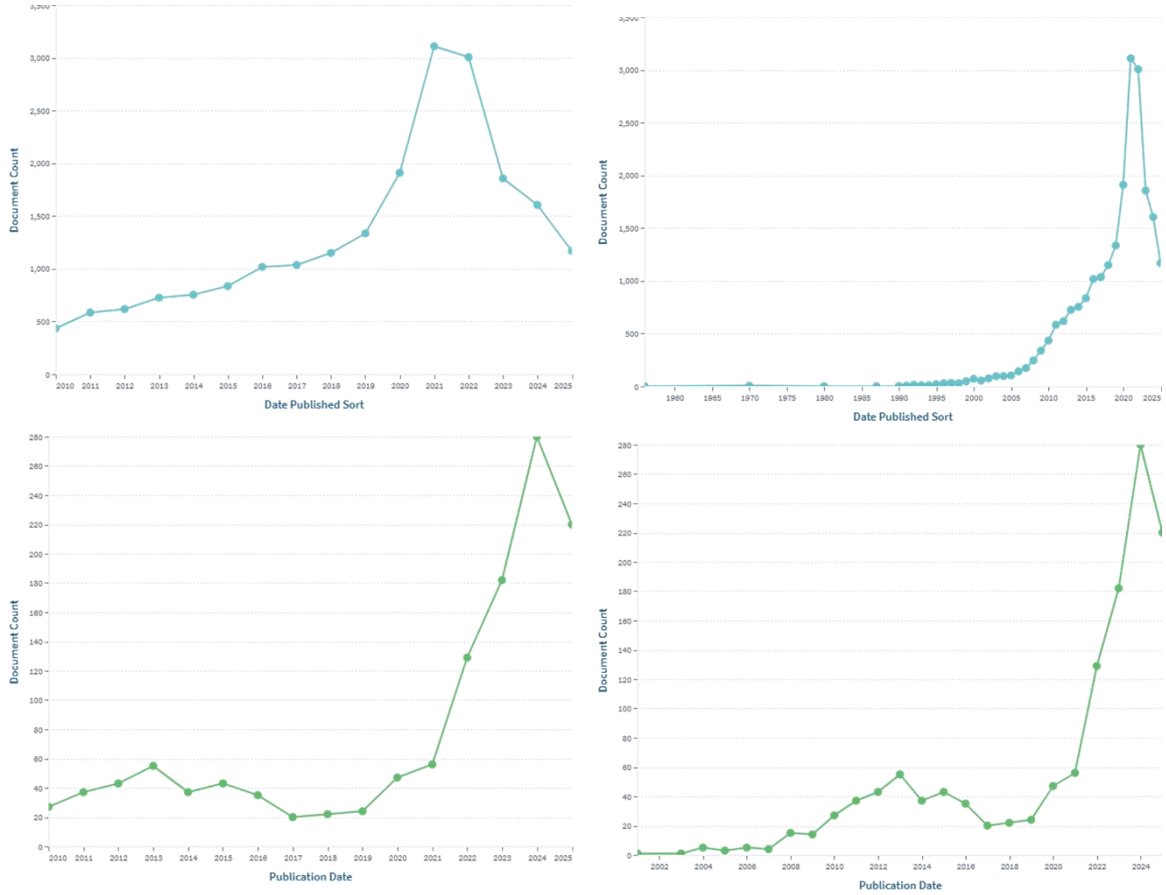
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جهانی خاص BNF به عنوان یک محصـول در سـال ۲۰۲۴ حدود ۳۴.۹ میلیون دلار باشـد و تا سـال ۲۰۳۱ به اندازه کمتری یعنی ۴۷.۸۵ میلیون دلار پیش‌بینی شود. ارزش اقتصادی کلی BNF به عنوان یک خدمت اکوسیستمی بسیار بیشتر است، به طوری که یک مطالعه ارزش آن را برای محصـولات سـویا در برزیل به تنهایی ۱۵.۲ میلیارد دلار در سـال‌های ۲۰۱۹-۲۰۲۰ تخمین زده است[۲۷-۲۹].

حوزه	CAGR	منبع
ذخیره، استفاده کربن (CCUS)	۶.۵-۸.۷٪	[۳۰, ۳۱]
متان سازی	۱۹.۲٪	[۲۶]
تثبیت نیتروژن (BNF)	۸.۸٪	[۲۷-۲۹]

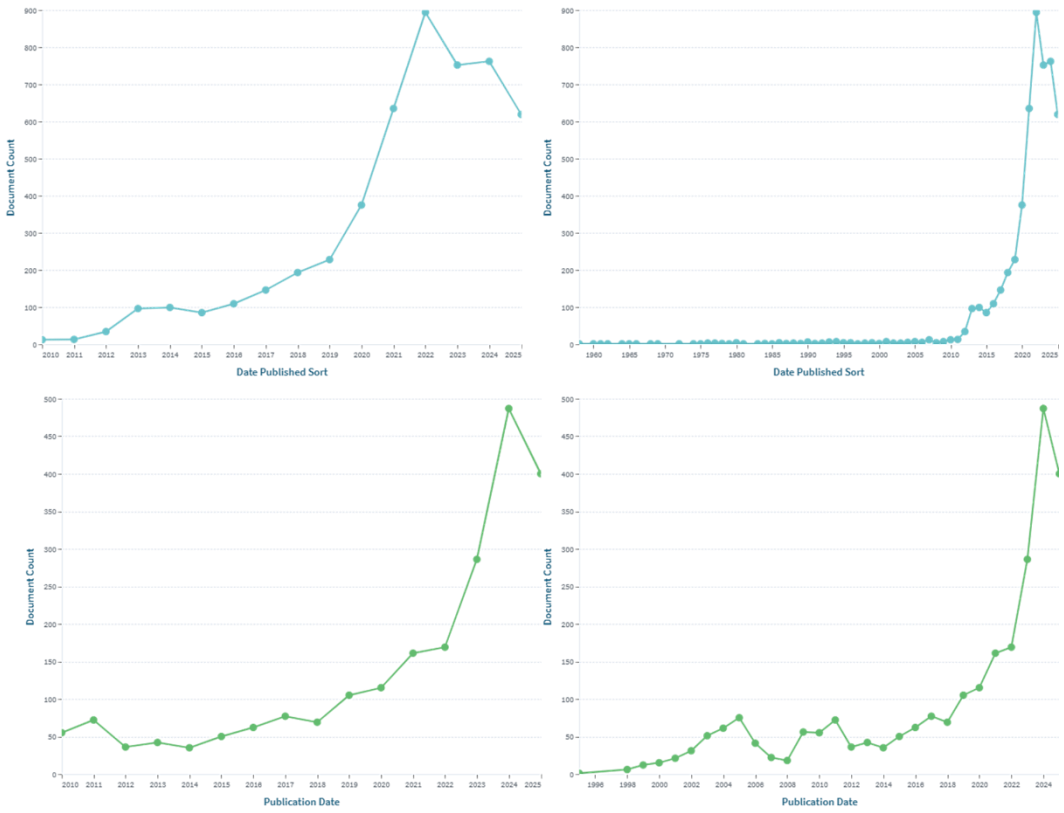
هم چنین مقالات و پتنت‌های این حوزه نیز نمایش دهنده‌ترند بودن این حوزه‌ها و صعودی بودن آن است.



شکل (۱۳-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) Net-Zero Greenhouse Gas (GHG) Emissions

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



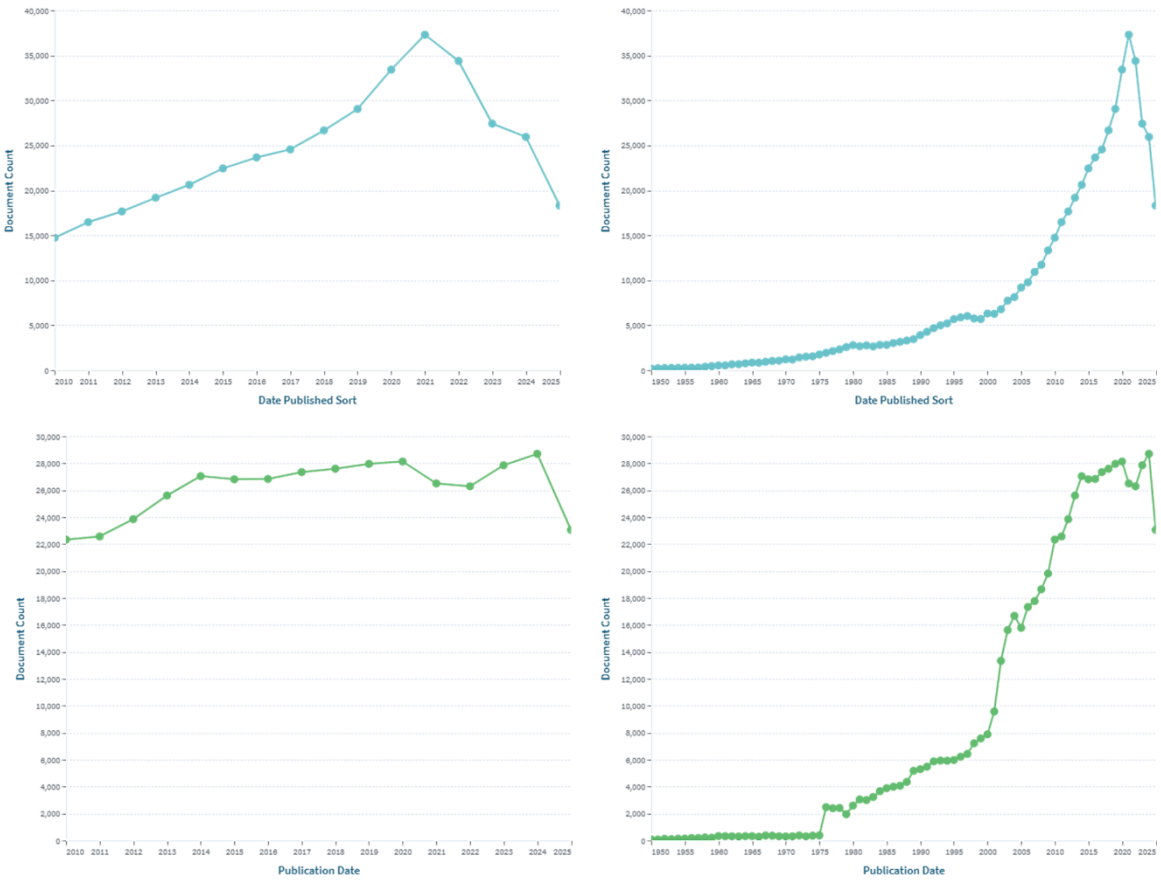
شکل (۴-۱۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) جمع آوری کربن یا CCUS



شکل (۴-۱۵) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (BNF)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۶-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) متان سازی یا Methanification

شرکت‌های تجار بزرگی در جهان، در این زمینه‌ها فعال هستند.

قطعاً! در ادامه، شرح مفصلی از هر شرکت و مشارکت‌های آن در جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS)، تقویت تثبیت زیستی نیتروژن (BNF) و متان‌سازی ارائه می‌شود:

Shell یکی از پیشگامان جهانی در فناوری جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS) است. این شرکت بیش از دو دهه است که در فناوری‌های CCUS سرمایه‌گذاری می‌کند و متعهد به کاهش انتشار کربن از فرآیندهای صنعتی است. Shell از روش‌های مختلف CCUS از جمله فناوری‌های جذب پس از احتراق و جذب پیش از احتراق استفاده می‌کند که انتشار دی‌اکسیدکربن را قبل یا بعد از فرآیند احتراق جذب می‌کنند. پروژه پرچمدار Shell، پروژه Quest CCS Project در آلبرتای کانادا، یکی از بزرگ‌ترین و موفق‌ترین ابتکارات CCUS در جهان است. کویست سالانه تا ۱.۱ میلیون تن دی‌اکسیدکربن از عملیات ماسه‌های نفتی Shell را جذب و آن را در اعماق زمین تزریق می‌کند و از انتشار آن در اتمسفر جلوگیری می‌نماید. پروژه مهم دیگر، پروژه Gorgon CO2 Injection در استرالیا است که در آن Shell با شرکت‌های Chevron و ExxonMobil برای ذخیره‌سازی انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از فرآوری گاز طبیعی در جزیره بارو همکاری می‌کند. پروژه Northern Lights در نروژ نیز یک تلاش مشترک دیگر است که Shell ، Equinor و TotalEnergies در آن برای جذب، انتقال و ذخیره‌سازی انتشار دی‌اکسیدکربن از منابع صنعتی در سراسر اروپا مشارکت دارند. از نظر تعهد مالی، Shell میلیاردها دلار برای گذار به فناوری‌های کم‌کربن، از جمله CCUS، منابع انرژی تجدیدپذیر و تولید هیدروژن تخصص داده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ExxonMobil نیز از شرکت‌های پیشرو در زمینه جذب، استفاده و ذخیره کربن (CCUS) است. ExxonMobil در خط مقدم توسعه و استقرار فناوری‌های جذب کربن قرار داشته و پروژه هوستون CCS آن یکی از ابتکارات کلیدی این شرکت است. این پروژه، انتشار دی‌اکسیدکربن را از پالایشگاه‌ها و کارخانه‌های شیمیایی در هوستون تگزاس جذب و آن را در سازندهای زمین‌شناسی زیرزمینی ذخیره می‌کند. ExxonMobil همچنین نقش عمده‌ای در پروژه تزریق دی‌اکسیدکربن Gorgon CO2 Injection در استرالیا، در کنار Shell و Chevron ایفا می‌کند. پروژه Gorgon CO2 Injection یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های یکپارچه CCUS در جهان است که در آن دی‌اکسیدکربن ناشی از تولید گاز طبیعی جذب و برای ذخیره‌سازی بلندمدت در زیر زمین تزریق می‌شود. سرمایه‌گذاری مستمر ExxonMobil در فناوری‌های جذب مستقیم از هوا (DAC) جنبه دیگری از استراتژی CCUS آن است. DAC شامل جذب مستقیم دی‌اکسیدکربن از اتمسفر است که می‌تواند نقش حیاتی در دستیابی به انتشار خالص صفر، به ویژه برای بخش‌هایی که کربن‌زدایی از آن‌ها دشوار است، ایفا کند. درآمد ExxonMobil در سال ۲۰۲۲، ۴۱۳.۷ میلیارد دلار بود و این شرکت به سرمایه‌گذاری سنگین در فناوری‌های کم‌کربن، از جمله CCUS و هیدروژن، با هدف جذب ۲۰ میلیون تن دی‌اکسیدکربن در سال تا سال ۲۰۲۵ ادامه می‌دهد. این شرکت به‌طور فعال در پی ایجاد مشارکت با دولت‌ها و دیگر رهبران صنعت برای گسترش فناوری‌های CCUS در سطح جهانی است.

Saipem و Novozyme برای پیشبرد توسعه فناوری‌های جذب، بهره‌برداری و ذخیره‌سازی کربن (CCUS) وارد یک همکاری مشترک شده‌اند و نقاط قوت خود را در مهندسی و بیوتکنولوژی برای مقابله با چالش جهانی انتشار CO2 ترکیب می‌کنند. Saipem شرکتی پیشرو در خدمات مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC)، در پروژه‌های صنعتی مقیاس بزرگ، به ویژه در بخش‌های انرژی و نفت و گاز است. این شرکت در چندین پروژه CCUS با تمرکز بر جذب و ذخیره‌سازی انتشار CO2 از فرآیندهای صنعتی، تولید برق و پالایش نفت مشارکت داشته است. تخصص Saipem در توسعه و استقرار سیستم‌های جذب کربن در تأسیسات بزرگ، این شرکت را به عنوان یک بازیگر کلیدی در افزایش مقیاس فناوری‌های جذب کربن قرار می‌دهد. تمرکز آنها بر ادغام CCUS با سیستم‌های انرژی سنتی و انرژی‌های تجدیدپذیر است که یک راه حل جامع برای صنایعی که قصد کاهش ردپای کربن خود را دارند، ارائه می‌دهد. از سوی دیگر، Novozyme ، یک شرکت پیشرو جهانی در بیوتکنولوژی صنعتی، فناوری‌های نوآورانه جذب کربن مبتنی بر آنزیم خود را ارائه می‌دهد. رویکرد آنزیمی نووزایمز برای جذب CO2 شامل استفاده از کربنیک انیدراز، یک آنزیم طبیعی است که واکنش بین CO2 و آب را کاتالیز می‌کند و اسید کربنیک را تشکیل می‌دهد که به سرعت به یون‌های بی‌کربنات تجزیه می‌شود. این روش، جایگزینی با بهره‌وری انرژی بیشتر و سازگار با محیط زیست برای سیستم‌های سنتی مبتنی بر حلال است که معمولاً در فرآیندهای جذب کربن استفاده می‌شوند. راه‌حل‌های Novozyme به ویژه برای صنایعی مانند سیمان، فولاد و تولید برق مفید هستند، جایی که روش‌های سنتی جذب کربن اغلب پرهزینه و انرژی‌بر هستند. همکاری بین این دو شرکت با هدف ترکیب تخصص‌های مربوطه آنها در مهندسی در مقیاس صنعتی و بیوتکنولوژی برای ایجاد سیستم‌های CCUS کارآمدتر، مقیاس‌پذیرتر و مقرون به صرفه‌تر انجام می‌شود. قابلیت‌های مهندسی Saipem در استقرار زیرساخت‌های بزرگ‌مقیاس، همراه با فناوری نوآورانه جذب کربن مبتنی بر آنزیم Novozyme ، ترکیبی قدرتمند ایجاد می‌کند که می‌تواند چالش‌های پیچیده جذب و ذخیره‌سازی CO2 از صنایعی که به سختی کربن‌زدایی می‌شوند را برطرف کند. یکی از زمینه‌های بالقوه هم‌افزایی، توسعه سیستم‌های جذب کربن بیولوژیکی است که می‌تواند در تأسیسات صنعتی بزرگ پیاده‌سازی شود. راهکارهای مبتنی بر آنزیمNovozyme می‌تواند در پروژه‌های مهندسی Saipem ادغام شود تا کارایی جذب CO2 افزایش یابد. با استفاده از جذب CO2 آنزیمی، این فرآیند در مقایسه با حلال‌های شیمیایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سنتی به انرژی کمتری برای بازسازی نیاز دارد و آن را به یک راه‌حل پایدارتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر تبدیل می‌کند. این همکاری همچنین می‌تواند استفاده از کربن را بررسی کند، جایی که CO2 جذب‌شده به محصولات ارزشمندی مانند سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی یا حتی مواد غذایی تبدیل می‌شود و تأثیرات زیست‌محیطی انتشار گازهای صنعتی را بیشتر کاهش می‌دهد.

از طریق این همکاری، فناوری CCUS را در مقیاس وسیع‌تری گسترش داده می‌شود و آن را برای صنایع در سراسر جهان قابل دسترس‌تر کنند. این همکاری نشان دهنده روند رو به رشد همکاری بین صنعتی است، جایی که مهندسی و بیوتکنولوژی برای مقابله با چالش‌های جهانی آب و هوا ترکیب می‌شوند.

BASF یکی از شناخته شده‌ترین شرکت‌های جهانی در ارائه محصولات بیوتکنولوژی است. این شرکت در زمینه تقویت تثبیت زیستی نیتروژن (BNF) نقشی محوری در ترویج کشاورزی پایدار ایفا می‌کند. BASF سویه‌های میکروبی و کودهای زیستی را توسعه داده است که تثبیت نیتروژن در محصولاتی مانند سویا و سایر حبوبات را افزایش می‌دهند. با بهبود توانایی طبیعی گیاهان برای تثبیت نیتروژن اتمسفری، راه‌حل‌های BASF به کشاورزان کمک می‌کند تا وابستگی خود به کودهای نیتروژنی مصنوعی را که هم پرانرژی و هم مضر برای محیط زیست هستند، کاهش دهند. یکی از پروژه‌های کلیدی این شرکت، مشارکت آن با Simbio Gene، یک شرکت پیشرو در تحقیقات BNF است. از طریق این همکاری، BASF در حال توسعه سویه‌های کارآمدتر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن است که می‌توانند برای انواع محصولات به کار رفته و در عین کاهش مصرف کود، بازده محصول را بهبود بخشند. بخش کشاورزی BASF در سال ۲۰۲۲، ۲۴ میلیارد یورو فروش داشت که سهم فزاینده‌ای از این درآمد از محصولات کشاورزی پایدار مانند کودهای زیستی حاصل می‌شد. این شرکت به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای بهبود کارایی استفاده از نیتروژن در کشاورزی و کاهش ردپای کربن تولید غذا ادامه می‌دهد.

Corteva Agriscience، یک رهبر جهانی در زیست‌فناوری کشاورزی، نیز در خط مقدم تقویت تثبیت زیستی نیتروژن (BNF) قرار دارد. هدف این شرکت کاهش استفاده از کودهای مصنوعی در عین بهبود عملکرد محصول از طریق توسعه محصولات کشاورزی و میکروبی بهبود یافته ژنتیکی است. خرید شرکت Symbiogen توسط این شرکت، تلاش‌های آن را برای تقویت تثبیت نیتروژن در محصولاتی مانند سویا تقویت کرده و وابستگی کشاورزان به کودهای شیمیایی را کاهش داده است. Corteva Agriscience همچنین بر افزایش تثبیت نیتروژن در غلات و حبوباتبا تمرکز بر بهبود بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه که دسترسی به کود در آن‌ها محدود است، کار می‌کند. درآمد این شرکت در سال ۲۰۲۲ حدود ۱۵.۶ میلیارد دلار بود و این شرکت به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای بهبود پایداری کشاورزی ادامه می‌دهد. Corteva Agriscience با سازمان‌هایی مانند BASF و Syngenta همکاری می‌کند تا فناوری BNF را در کشاورزی تجاری ادغام کرده و پذیرش روش‌های پایدار را گسترش دهد.

Sunfire یک شرکت پیشرو در زمینه فناوری متان‌سازی و قدرت-به-گاز (PtG) است. فناوری Sunfire، برق تجدیدپذیر را از طریق الکترولیز به هیدروژن تبدیل کرده و سپس هیدروژن را با دی‌اکسیدکربن در یک فرآیند متان‌سازی ترکیب می‌کند تا متان مصنوعی تولید کند. این متان مصنوعی می‌تواند به عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر برای گرمایش، تولید برق استفاده شده یا برای استفاده بعدی ذخیره شود. پروژه H2Net این شرکت در آلمان یک ابتکار کلیدی است که مقیاس‌پذیری فناوری قدرت-به-گاز را نشان می‌دهد. این پروژه بر تولید متان تجدیدپذیر از دی‌اکسیدکربن و هیدروژن مازاد تمرکز دارد و به ذخیره‌سازی انرژی تجدیدپذیر و متعادل‌سازی عرضه و تقاضای انرژی کمک می‌کند. Sunfire در چندین پروژه Power-to-X

https://heiatelmi.ir

در آلمان نیز مشارکت داشته است که در آن‌ها از متان‌سازی برای تبدیل انرژی تجدیدپذیر به متان استفاده می‌شود که می‌تواند در زیرساخت‌های موجود گاز طبیعی به کار رود. این شرکت در سال ۲۰۲۱، ۱۷ میلیون یورو از اتحادیه اروپا برای گسترش فناوری‌های متان‌سازی دریافت کرد. Sunfire با شرکت‌های انرژی مانند E.ON و Siemens همکاری می‌کند تا فناوری خود را پیاده‌سازی و در سیستم انرژی گسترده‌تر ادغام کند.

Haldor Topsoe یک بازیگر کلیدی در متان‌سازی و فرآیندهای کاتالیستی است که تمرکز قوی بر توسعه فناوری‌هایی دارد که تبدیل دی‌اکسیدکربن و هیدروژن به متان مصنوعی را ممکن می‌سازند. فناوری متان‌سازی Haldor Topsoe در فرآیند Power-to-gas (PtG) که تولید متان تجدیدپذیر را تسهیل کرده و به تلاش‌های ذخیره‌سازی انرژی و کربن‌زدایی کمک می‌کند، حیاتی است. یکی از پروژه‌های کلیدی Haldor Topsoe، پروژه H2M در دانمارک است که بر گسترش فناوری متان‌سازی برای تولید متان مصنوعی از دی‌اکسیدکربن و هیدروژن متمرکز است و شدت کربن بخش انرژی را کاهش می‌دهد. این شرکت در پروژه‌های Power-to-X نیز مشارکت دارد که برق تجدیدپذیر را به متان، هیدروژن و سایر مواد شیمیایی ارزشمند تبدیل می‌کنند. درآمد Haldor Topsoe در سال ۲۰۲۲ حدود ۱.۵ میلیارد دلار بود و این شرکت به سرمایه‌گذاری سنگین در فناوری‌های سبز، از جمله متان‌سازی و هیدروژن سبز ادامه می‌دهد. این شرکت با سازمان‌هایی مانند Uniper و Siemens همکاری می‌کند تا فناوری متان‌سازی خود را مستقر کرده و به گذار به یک سیستم انرژی کربن‌زدایی شده کمک کند.

Uniper یک شرکت انرژی است که سرمایه‌گذاری سنگینی در فناوری‌های متان‌سازی و Power -to- gas برای کمک به کربن‌زدایی از بخش انرژی انجام داده است. پروژه‌های متان‌سازی Uniper بر تبدیل برق تجدیدپذیر به متان مصنوعی متمرکزند که می‌تواند ذخیره شده و به عنوان سوختی تجدیدپذیر برای گرمایش و حمل‌ونقل استفاده شود. Uniper در پروژه‌های Power -to- gas در آلمان که از هیدروژن تجدیدپذیر و دی‌اکسیدکربن برای تولید متان مصنوعی استفاده می‌کند تا به متعادل‌سازی عرضه انرژی تجدیدپذیر و کمک به ذخیره‌سازی انرژی کمک کند، مشارکت دارد. یکی از پروژه‌های عمده این شرکت، پروژه HyPower است که هدف آن تولید هیدروژن سبز و متان مصنوعی از طریق متان‌سازی است تا شدت کربن شبکه انرژی را کاهش دهد. درآمد Uniper در سال ۲۰۲۲ حدود ۷۰ میلیارد یورو بود که سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی به سمت فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و تلاش‌های کربن‌زدایی هدایت شد. Uniper با Siemens ، E.ON و سایر شرکای صنعتی همکاری می‌کند تا استفاده از متان‌سازی و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی تجدیدپذیر را گسترش دهد.

این شرکت‌ها نمایانگر برخی از مهم‌ترین تلاش‌ها در زمینه CCUS، تقویت BNF و متان‌سازی هستند. آن‌ها نه تنها به‌طور سنگین در توسعه فناوری سرمایه‌گذاری می‌کنند، بلکه همکاری‌های استراتژیکی را برای تسریع در پذیرش این فناوری‌های حیاتی تشکیل می‌دهند. کار آن‌ها در جذب کربن، کشاورزی پایدار و ذخیره‌سازی انرژی تجدیدپذیر برای دستیابی به اهداف آب‌وهوایی جهانی حیاتی است.

علاوه بر شرکت‌های تجاری، استارت اپ‌های بسیاری نیز در این حوزه فعال هستند. به عنوان مثال استارت اپ Carbon Clean Solutions ، شرکتی پیشرو در زمینه فناوری جذب کربن است که در ارائه راهکارهای مقرون‌به‌صرفه برای جذب انتشار CO_2 از فرآیندهای صنعتی تخصص دارد. فناوری اصلی این شرکت، CycloneCC ، برای جذب دی‌اکسید کربن از صنایع با انتشار بالا مانند سیمان، فولاد و پالایشگاه‌ها طراحی شده است زیرا جذب CO_2 به طور سنتی گران بوده است. راهکار این شرکت، مدولار، مقیاس‌پذیر و کارآمد است که آن را برای استقرار در تأسیسات صنعتی بزرگ و کوچک مناسب می‌کند. این شرکت در

چندین پروژه کلیدی، مانند همکاری با Tata Steel ، که در آن از فناوری آن برای جذب انتشـــار CO2 از تولید فولاد در هند استفاده می‌شود، مشارکت داشته است. یکی دیگر از پروژه‌های مهم، همکاری آن با Indian Oil است که با هدف جذب CO2 از گازهای دودکش صنعتی و تزریق آن به زیر زمین انجام می‌شود. این پروژه‌ها به کاهش ردپای کربن در صنایع با انتشار بالا کمک می‌کنند و به تلاش جهانی برای کاهش تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند. از نظر بودجه، Carbon Clean در دور سری B خود در سال ۲۰۲۱، به رهبری Chevron Technology Ventures و WAVE Equity Partners، مبلغ ۲۲ میلیون دلار جذب کرد. این بودجه با هدف افزایش فناوری جذب CO2 و تسریع استقرار راه‌حل‌های آن در صنایع مختلف در سراسر جهان در نظر گرفته شده است. این شرکت همچنان به گسترش خود ادامه می‌دهد و با غول‌های صنعتی جهانی و دولت‌ها همکاری می‌کند تا پذیرش راه‌حل‌های جذب کربن را در بخش‌هایی که حذف کربن از آنها دشوار است، هدایت کند. مدل کسب‌وکار این شرکت با تقاضای روزافزون برای فناوری‌های جذب کربن برای دستیابی به اهداف جهانی انتشار صفر کربن همسو است و رویکرد نوآورانه آن در کاهش هزینه‌های جذب CO2، آن را به عنوان یک رهبر در این حوزه قرار داده اســـت. کار Carbon Clean در پرداختن به تأثیر زیست‌محیطی صنایعی که جزئی جدایی‌ناپذیر از اقتصاد جهانی هستند اما در عین حال از بزرگ‌ترین منابع انتشار CO2 نیز می‌باشند، بسیار مهم است.

Climeworks یکی از پیشگامان صنعت جذب مستقیم هوا (DAC) است، فناوری‌ای که برای جذب مستقیم CO2 از جو طراحی شده است. این شرکت با هدف ارائه یک راه‌حل مقیاس‌پذیر برای مقابله با تغییرات اقلیمی با حذف CO2 اضافی از جو تأسیس شد. فناوری DAC Climeworks از فیلترهای شیمیایی استفاده می‌کند که CO2 را جذب می‌کنند و سپس آن را یا در زیر زمین ذخیره می‌کنند یا برای اهداف تجاری، مانند نوشـــیدنی‌های گازدار یا برای تولید ســـوخت مصـــنوعی، اســـتفاده می‌کنند. Climeworks یکی از بزرگ‌ترین کارخانه‌های DAC جهان را که در ایسلند واقع شده است، با نام Orca توسعه داده اســـت. این کارخانه CO2 را از هوا جذب کرده و از طریق همکاری با Carbfix، که از فرآیندهای معدنی‌ســـازی طبیعی برای ذخیره ایمن CO2 اســـتفاده می‌کند، در زیر زمین ذخیره می‌کند. Orca یک پروژه کلیدی در تلاش‌های Climeworks برای نشان دادن این است که فناوری DAC می‌تواند به سطحی برسد که بتواند به طور قابل توجهی در کاهش غلظت CO2 جو نقش داشته باشد. این شرکت در سال ۲۰۲۱، ۱۱۰ میلیون یورو بودجه از Breakthrough Energy Ventures، مایکروسافت و سایر سرمایه‌گذاران دریافت کرد. این بودجه برای گسترش فعالیت‌های شرکت و گسترش ظرفیت DAC آن در سطح جهانی در نظر گرفته شده است. Climeworks با دولت‌ها، رهبران صنعت و مؤسسات تحقیقاتی برای پیشرفت فناوری DAC و تجاری‌سازی آن همکاری می‌کند. Climeworks به عنوان بخشی از تعهد خود برای کاهش تغییرات اقلیمی، قصد دارد تا سال ۲۰۲۵، ۱٪ از انتشار جهانی CO2 را جذب کند. Climeworks به طور فعال در شکل‌دهی به بازار جهانی حذف کربن مشارکت دارد و با شرکت‌هایی مانند Swiss Re و Audi برای توسعه بیشتر فناوری و کاربرد آن در صنایع مختلف همکاری کرده است. چشم‌انداز این شرکت، کمک به دستیابی به آینده‌ای با انتشار خالص صفر با حذف CO2 بیشتر از میزان انتشار بشر از جو است و پروژه‌های بلندپروازانه آن، مرزهای ممکن در جذب کربن را جابجا می‌کنند.

Pivot Bio یک شرکت بیوتکنولوژی است که بر افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در محصولات کشاورزی، به ویژه در ذرت و گندم تمرکز دارد. فناوری اصلی این شرکت از میکروب‌هایی استفاده می‌کند که به طور طبیعی نیتروژن را از جو تثبیت کرده و آن را در دسترس گیاهان قرار می‌دهند و نیاز به کودهای نیتروژن مصنوعی را که انرژی‌بر و مضر برای محیط زیست هستند، به طور قابل توجهی کاهش می‌دهند. محصول Pivot Bio، Pivot Bio PROVEN، یک تلقیح میکروبی است که تثبیت نیتروژن را

وب سایت هیات علمی

در محصولات کشاورزی افزایش می‌دهد و جایگزین پایدارتری برای کاربردهای سنتی کود ارائه می‌دهد. Pivot Bio در چندین پروژه کلیدی، به ویژه در غرب میانه ایالات متحده، که در آن با کشاورزان برای استقرار راه‌حل‌های میکروبی تثبیت نیتروژن خود در آزمایش‌های میدانی و محصولات تجاری همکاری می‌کند، مشارکت داشته است. نشان داده شده است که راه‌حل این شرکت باعث بهبود راندمان نیتروژن، کاهش اثرات زیست‌محیطی و کاهش وابستگی کشاورزان به کودهای مصنوعی می‌شود. فناوری Pivot Bio نه تنها به کاهش رواناب نیتروژن که به آلودگی آب کمک می‌کند، کمک می‌کند، بلکه از کشاورزی پایدارتر نیز پشتیبانی می‌کند.

۴-۳-۴- تصفیه پساب

تقاضا برای استفاده مجدد از پساب تصفیه شده به دلیل صنعتی شدن رو به کاهش است. بنابراین، باید از رویکردهای کم‌هزینه و پایدار تصفیه پساب برای تأمین تقاضای جهانی برای آب بهداشتی استفاده شود[۳۲]. تصفیه پایدار پساب[1] به کارگیری روش‌های دوستدار محیط‌زیست و بهره‌ور در مصرف منابع برای تصفیه و مدیریت پساب اشاره دارد. برخلاف تصفیه سنتی پساب که اغلب بر فرآیندهای پرانرژی و وابسته به مواد شیمیایی متکی است، تصفیه پایدار پساب با هدف به حداقل رساندن تأثیرات زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی و بازیابی منابع باارزش از پساب عمل می‌کند. رویکردهای کلیدی در تصفیه پایدار پساب شامل تصفیه بیولوژیکی، فیلتراسیون غشایی، تالاب‌های ساخته‌شده و فناوری‌های سبز است که بر اقتصاد چرخه‌ای تأکید دارند. با تلفیق این فناوری‌ها، سیستم‌های تصفیه پایدار پساب نه تنها آب را تصفیه می‌کنند، بلکه محصولات جانبی باارزشی مانند بیوگاز، کودها و آب تمیز برای استفاده مجدد بازیابی می‌نمایند.

ریزجلبک‌ها[2] به دلیل توانایی در جذب مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر از پساب، که به کاهش eutrophication (غنی‌سازی بی‌رویه آب‌ها با مواد مغذی) کمک می‌کند، نقشی محوری در تصفیه پایدار پساب ایفا می‌کنند. میکروجلبک‌ها فتوسنتزکننده هستند، به این معنی که برای رشد به نور، دی‌اکسید کربن و مواد مغذی نیاز دارند و این ویژگی، آن‌ها را برای پالایش زیستی ایده‌آل می‌سازد. ریزجلبک‌ها می‌توانند به‌طور مؤثری مواد آلی و آلاینده‌های موجود در پساب را به زیست‌توده تبدیل کنند که سپس می‌توان از آن برای تولید سوخت زیستی، خوراک دام یا به عنوان کود استفاده نمود. توانایی آن‌ها در تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز همچنین کیفیت کلی آب را بهبود می‌بخشد و ریزجلبک‌ها را به ابزاری حیاتی در راه‌حل‌های تصفیه پساب دوستدار محیط‌زیست تبدیل می‌کند. علاوه بر این، سیستم‌های مبتنی بر جلبک می‌توانند در شرایط مختلف، مانند حوضچه‌ها، بیورآکتورها یا سیستم‌های تلفیقی عمل کنند و انعطاف‌پذیری در فرآیندهای تصفیه فراهم نمایند.

فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP)[3] به مجموعه‌ای از روش‌های تصفیه شیمیایی اشاره دارد که برای تجزیه آلاینده‌های آلی در آب، به ویژه آن‌هایی که پایدار بوده و تجزیه آن‌ها با روش‌های تصفیه متعارف دشوار است، طراحی شده‌اند. . این آلاینده‌ها می‌توانند شامل پساب‌های صنعتی، داروها، آفت‌کش‌ها و سایر ریزآلاینده‌ها باشند که اغلب در برابر تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند و برای تجزیه آنها به روش‌های تهاجمی‌تری نیاز است. اساس روش AOPها تولید رادیکال‌های هیدروکسیل است که بسیار واکنش‌پذیر هستند و قادر به حمله به طیف وسیعی از مولکول‌های آلی و تجزیه مواد پیچیده و سمی به محصولات

[1] Sustainable Waste Water Treatment (WWT)

[2] Microalgae

[3] Advanced Oxidation Processes (AOP)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جانبی کوچک‌تر و غیرسمی مانند آب و دی اکسید کربن می‌باشند. این رادیکال‌های هیدروکسیل از طریق تکنیک‌های مختلفی تولید می‌شوند، مانند[۳۳-۳۶]:

۱. ازن‌زنی: این شامل استفاده از ازن (O3) برای تولید رادیکال‌های هیدروکسیل از طریق واکنش ازن با آب یا ترکیبات آلی است. ازن یک عامل اکسیدکننده قوی است و تجزیه آن منجر به تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود که می‌تواند طیف وسیعی از آلاینده‌های آلی را تجزیه کند.

۲. واکنشگر فنتون (Fe2+/H2O2): در فرآیند فنتون، یون‌های آهن (Fe2+) تجزیه پراکسید هیدروژن (H2O2) را کاتالیز می‌کنند تا رادیکال‌های هیدروکسیل تولید کنند. این فرآیند به ویژه برای تصفیه پساب حاوی آلاینده‌های آلی پیچیده موثر است و اغلب در ترکیب با سایر روش‌ها استفاده می‌شود.

۳. فرآیند فوتو-فنتون: این نوعی از روش واکنشگر فنتون است که نور UV را با واکنشگرهای فنتون (H2O2 و Fe2+) ترکیب می‌کند تا تولید رادیکال‌های هیدروکسیل را افزایش دهد. نور UV یون‌های آهن را فعال می‌کند، واکنش را تسریع می‌کند و سرعت تخریب آلاینده‌های آلی را افزایش می‌دهد.

۴. فرآیندهای UV/H2O2 و UV/Ozone: از نور فرابنفش (UV) می‌توان برای تجزیه پراکسید هیدروژن (H2O2) یا ازن (O3) و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل استفاده کرد. این فرآیند به ویژه در تصفیه ترکیبات مقاوم، از جمله داروها و محصولات مراقبت شخصی که در برابر تصفیه بیولوژیکی مرسوم مقاوم هستند، مفید است.

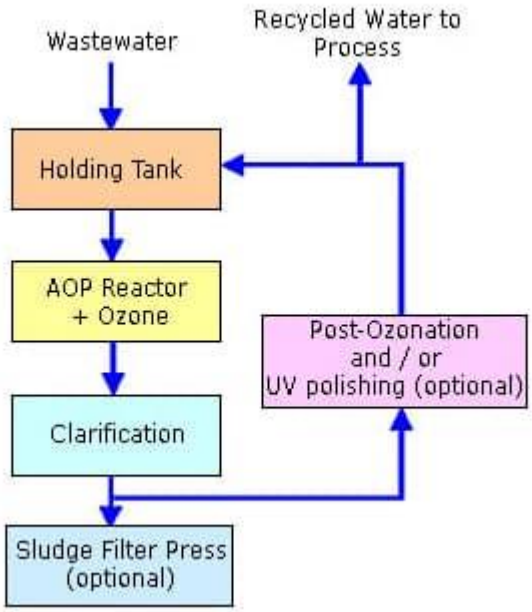
۵. AOPهای الکتروشیمیایی: تکنیک‌های الکتروشیمیایی از انرژی الکتریکی برای تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در سطح الکترودها استفاده می‌کنند. این کار را می‌توان با اعمال پتانسیل در سراسر یک الکترود انجام داد که باعث الکترولیز آب و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در آند می‌شود[۳۳-۳۶].

AOPها کاربردهای قابل توجهی در تصفیه پساب صنعتی و شهری پیدا کرده‌اند. توانایی تجزیه طیف وسیعی از آلاینده‌ها، فرآیندهای AOP را برای تصفیه آلاینده‌هایی که حذف آنها دشوار است، ایده‌آل می‌کند. برخی از حوزه های کاربرد این فناوری عبارتند از[۳۳-۳۶]:

- داروسازی و محصولات مراقبت شخصی (PPCPs)
- آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها موجود در پساب
- پساب‌های صنعتی مانند نساجی، داروسازی و مواد شیمیایی
- ریزآلاینده‌ها: این موارد شامل آلاینده‌های نوظهور مختلفی هستند که به راحتی از طریق روش‌های تصفیه سنتی حذف نمی‌شوند. فرآیندهای AOP به ویژه در مقابله با چنین آلاینده‌هایی که در برابر تصفیه بیولوژیکی مقاوم هستند، مانند مواد شیمیایی مختل‌کننده غدد درون‌ریز، مفید هستند[۳۳-۳۶].

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۷-۴) دیاگرام کلی روش AOP [۳۶]

استراتژی دیگر، استفاده از راکتورهای پتوی لجن بی‌هوازی با جریان رو به بالا[1] (UASB) برای تصفیه پساب به صورت پایدار است. تصفیه پساب بی‌هوازی به دلیل هزینه‌های ساخت پایین، پتانسیل تولید انرژی زیستی، تولید لجن نسبتاً کم و حذف تقاضای اکسیژن شیمیایی (COD) قوی، یک رویکرد اصلی در چارچوب‌های اقتصادی پایدار و چرخشی است. موانع اصلی که مانع از ادغام هضم بی‌هوازی در تصفیه پساب می‌شوند، سینتیک هضم کندتر، حجم بالای پردازش، رقیق‌سازی بالای پساب و نیاز به دمای عملیاتی بهینه برای تولید بیوگاز است. علاوه بر این، دمای عملیاتی مستقیماً بر تکثیر میکروبی تأثیر می‌گذارد و در نهایت سینتیک هضم کل فرآیند تصفیه را تعیین می‌کند. اگرچه تصفیه هضم بی‌هوازی پساب در هر دمایی امکان‌پذیر است، اما دماهای کمتر از حد مطلوب باعث کاهش سرعت رشد باکتری‌ها و متانوژنز می‌شود. به عنوان مثال، هضم و متانوژنز بهینه با واسطه مزوفیل در زمستان بین ۳۰ تا ۳۸ درجه سانتیگراد رخ می‌دهد. به همین دلیل، برای حفظ شرایط هضم، به ورودی گرمای اضافی نیاز است. متانوژنز در دماهای زیر بهینه ۱۰ تا ۲۰ برابر کمتر از متانوژنز در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد است و برای حفظ راندمانی مشابه با شرایط دمای بهینه (۳۵ درجه سانتیگراد)، به زمان ماند لجن طولانی‌تر و زمان ماند هیدرولیکی طولانی‌تری نیاز دارد. توسعه راکتور پتوی لجن بی‌هوازی با جریان رو به بالا (UASB) یکی از فناوری‌های پیشرفته در تصفیه پساب با هضم بی‌هوازی است. در راکتورهای UASB، از لخته‌سازی خودکار برای تولید زیست‌توده گرانولی با غلظت بالای زیست‌توده استفاده می‌شود. طراحی عملیاتی و ساختار منحصر به فرد زیست‌توده، امکان تنظیم مستقل زمان ماند لجن و زمان ماند هیدرولیکی را در داخل راکتور UASB فراهم می‌کند. راکتورهای UASB یک رویکرد تلفیقی برای دور زدن محدودیت‌های فعلی فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی مرسوم هستند و طیف گسترده‌ای از کاربردها را در مدیریت پساب، به ویژه در شرایط آب و هوایی گرمسیری، دارند. راکتورهای UASB به عنوان یک راه حل ممکن برای سیستم‌های تصفیه پساب پایدار و غیرمتمرکز در نظر گرفته می‌شوند[۳۲, ۳۷, ۳۸].

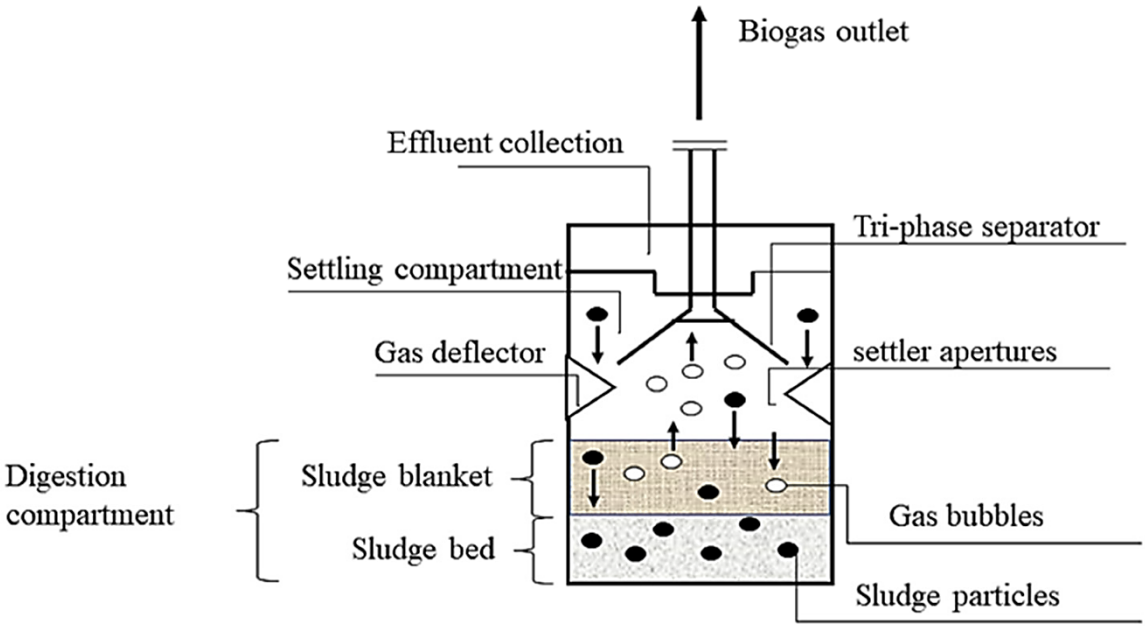
شکل زیر شماتیک راکتورهای USAB را نمایش میدهد. راکتور UASB یک سیستم تصفیه بیولوژیکی پساب است که تحت

[1] Up-Flow Anaerobic Sludge Bed Reactors

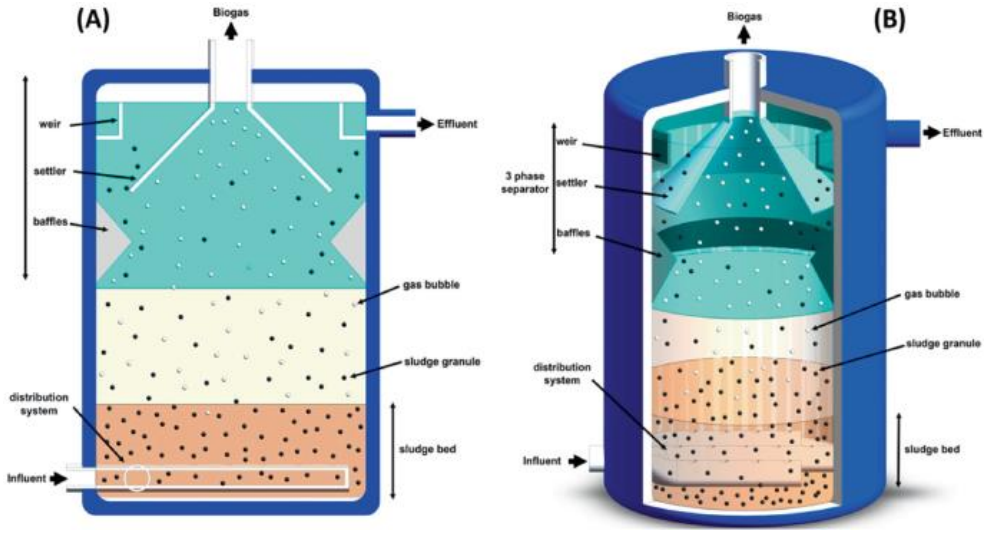
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شـرایط بی‌هوازی عمل می‌کند. این راکتور امکان تصـفیه مواد آلی را در حین تولید بیوگاز، عمدتاً متان، فراهم می‌کند. در این راکتور، پساب از طریق یک بستر لجن گرانولی، که بیوکاتالیست تجزیه آلاینده‌های آلی است، به سمت بالا جریان می‌یابد. این طراحی، تماس نزدیک بین پساب و ذرات لجن را افزایش میدهد و راندمان تصفیه و تولید بیوگاز را بهینه می‌سازد[۳۲, ۳۷].



شکل (۱۸-۴) شماتیک راکتور USAB [۳۲]



شکل (۱۹-۴) شماتیک راکتور USAB [۳۸]

یکی دیگر از اسـتراتژی های تصـفیه پایدار پسـاب، کاهش حجم لجن فعال تولید شـده می باشـد. اسـتفاده از تکنیک Lysis Cryptic Growth یا رشد نهان یکی از راه حل های ترند این چالش می باشد .رشد نهان نقش مهمی در مدیریت لجن فعال در سـیسـتم‌های تصـفیه پسـاب، به ویژه در افزایش تاب‌آوری میکروبی و ارتقای اسـتفاده کارآمد از منابع موجود، ایفا می‌کند. در سیستم‌های لجن فعال، میکروارگانیسم‌ها مسئول تجزیه آلاینده‌های آلی در پساب هستند. با این حال، نوسانات در سطح مواد مغذی، تغییرات در شـرایط محیطی یا تجمع آلاینده‌های مقاوم می‌تواند منجر به چالش‌هایی در حفظ جمعیت میکروبی پایدار و مؤثر شـود. رشـد نهان، فرآیندی اسـت که در آن میکروارگانیسـم‌ها از محتویات سـلولی سـلول‌های لیز شـده برای حفظ رشـد

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

استفاده می‌کنند و مکانیسم مهمی برای تضمین تداوم و کارایی این سیستم‌ها، به ویژه در مدیریت و کاهش اندازه لجن اضافی، فراهم می‌کند. یکی از کاربردهای کلیدی رشد نهان در مدیریت لجن فعال، توانایی آن در کاهش اندازه کلی زیست توده لجن است. تجمع لجن یک نگرانی عمده در تصفیه‌خانه‌های پساب است، زیرا منجر به افزایش هزینه‌های عملیاتی، نیازهای اضافی برای جابجایی و چالش‌های دفع می‌شود. رشد نهان می‌تواند با تسهیل تجزیه و بازیافت زیست توده میکروبی به مدیریت و کاهش حجم لجن فعال کمک کند. هنگامی که میکروارگانیسم‌های موجود در سیستم لیز می‌شوند، محتویات سلولی آنها یک منبع غذایی مکمل برای سایر میکروب‌ها فراهم می‌کند و فعالیت میکروبی پیوسته را بدون نیاز به تولید زیست توده اضافی ترویج می‌دهد. این بازیافت مواد مغذی از سلول‌های لیز شده تضمین می‌کند که جامعه میکروبی می‌تواند جمعیت پایداری را حفظ کند، حتی زمانی که ورودی‌های مواد مغذی خارجی کافی نباشند. با استفاده از مواد مغذی آزاد شده از سلول‌های لیز شده، میکروارگانیسم‌های زنده مانده می‌توانند به تجزیه آلاینده‌های آلی ادامه دهند و در نتیجه نیاز به رشد میکروبی اضافی و در نتیجه تجمع لجن اضافی را کاهش دهند. این امر منجر به کاهش حجم کلی لجن تولید شده توسط سیستم می‌شود که می‌تواند هزینه‌های مدیریت لجن را به طور قابل توجهی کاهش داده و کارایی فرآیند تصفیه را بهبود بخشد. علاوه بر این، وجود سلول‌های لیز شده می‌تواند با افزایش تجمع سلول‌های زنده در لخته‌ها، قابلیت ته‌نشینی لجن را افزایش دهد و جداسازی آب تصفیه شده از لجن را آسان‌تر کند. علاوه بر این، رشد پنهان می‌تواند به ویژه در دوره‌های تنش مواد مغذی یا هنگام مواجهه با کیفیت متغیر ورودی مفید باشد. در این شرایط، جمعیت میکروبی در سیستم لجن فعال ممکن است قادر به رشد یا تولید مثل با نرخ بهینه نباشند. با این حال، با استفاده از سلول‌های لیز شده به عنوان منبع مواد مغذی، سیستم می‌تواند فعالیت میکروبی را بدون نیاز به مکمل‌های غذایی اضافی حفظ کند. این امر به یک فرآیند تصفیه پایدارتر و مقرون به صرفه‌تر کمک می‌کند، زیرا وابستگی به مواد مغذی خارجی و ورودی‌های انرژی را کاهش می‌دهد و در نهایت هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد[۳۹-۴۳].

تصفیه پایدار پساب هدف اصلی در زیست فناوری صنعتی استفاده از ریزجلبک‌ها و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP) راه‌حل‌های مکمل ارائه می‌دهند. ریزجلبک‌ها از طریق حذف بیولوژیکی مواد مغذی و ترکیبات آلی به پایداری تصفیه پساب کمک کرده و در نتیجه فرآیند تصفیه کلی را ارتقا می‌دهند. در مقابل، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP) یک روش شیمیایی پیشرفته برای مقابله با آلاینده‌هایی ارائه می‌دهند که به تنهایی توسط تصفیه‌های بیولوژیکی به طور کارآمد تجزیه نمی‌شوند. این فناوری‌ها را می‌توان در پیکربندی‌های مختلفی ادغام کرد تا کارایی کلی تصفیه افزایش یابد. برای مثال، سیستم‌های ریزجلبکی را می‌توان با فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته ترکیب کرد تا آلاینده‌های خاصی که در برابر حذف بیولوژیکی مقاوم هستند، تصفیه شوند. ریزجلبک‌ها می‌توانند به عنوان یک تصفیه اولیه عمل کرده و بار مواد مغذی را کاهش دهند، در حالی که فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌توانند در مراحل ثانویه یا سوم برای تجزیه آلاینده‌های پایدارتر به کار گرفته شوند. علاوه بر این، سیستم‌های تصفیه پایدار پساب را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که استفاده از انرژی بهینه شده و مصرف مواد شیمیایی به حداقل برسد، و ادغام ریزجلبک‌ها و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌تواند وابستگی به منابع غیرقابل تجدید را بیشتر کاهش دهد. ترکیب این فناوری‌های نوآورانه نمایانگر یک رویکرد چندوجهی برای مدیریت پساب است که می‌تواند به پایداری محیطی دست یابد، ردپای بوم‌شناختی فرآیندهای صنعتی را کاهش دهد و بازیابی منابع باارزش از پساب را ترویج نماید. با هم‌افزایی این رویکردها، می‌توان به سمت یک مدل مدیریت آب پایدارتر و چرخه‌ای حرکت کرد که از پیشرفت فناوری‌های سبز در هر دو حوزه زیست‌فناوری محیطی و صنعتی پشتیبانی می‌کند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول زیر نرخ رشد ترکیبی سالانه این حوزه‌ها را مشخص می‌کند:

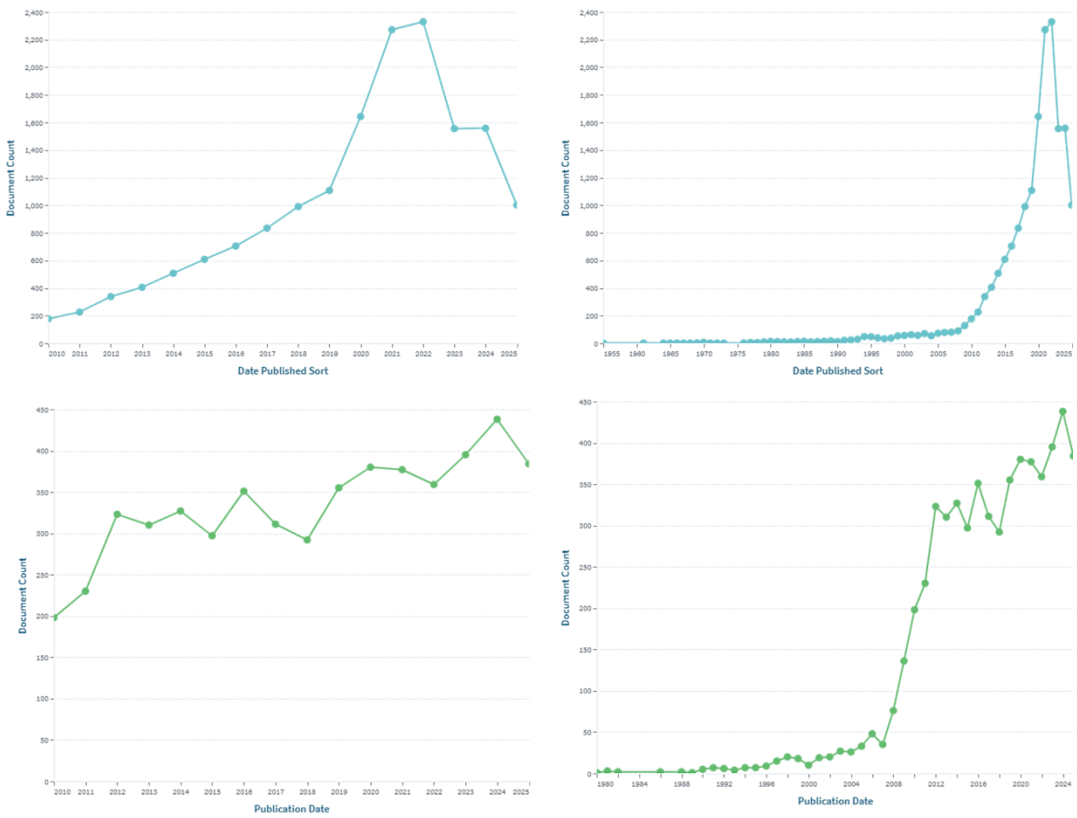
حوزه	CAGR	منبع
تصفیه پساب پایدار	۶.۱٪	{#۲۸۶ ,}
روش AOP	۴.۶–۱۰٪	[۴۵ ,۴۴]



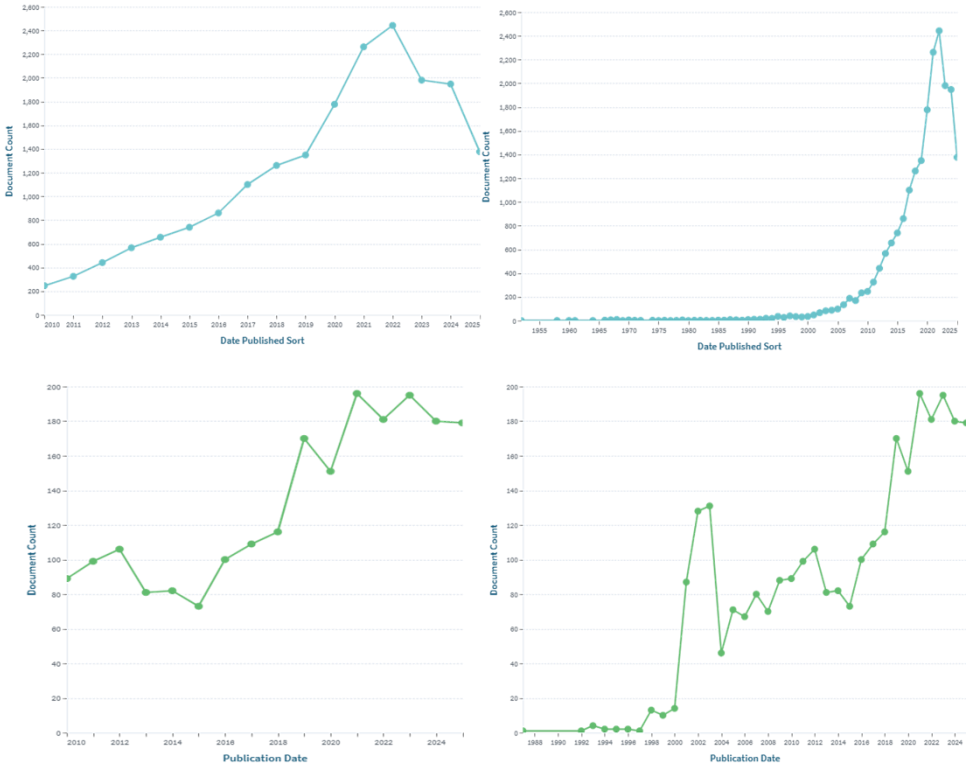
شکل (۲۰-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) تصفیه پایدار پساب

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۱-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) استفاده از ریز جلبک در تصفیه پساب



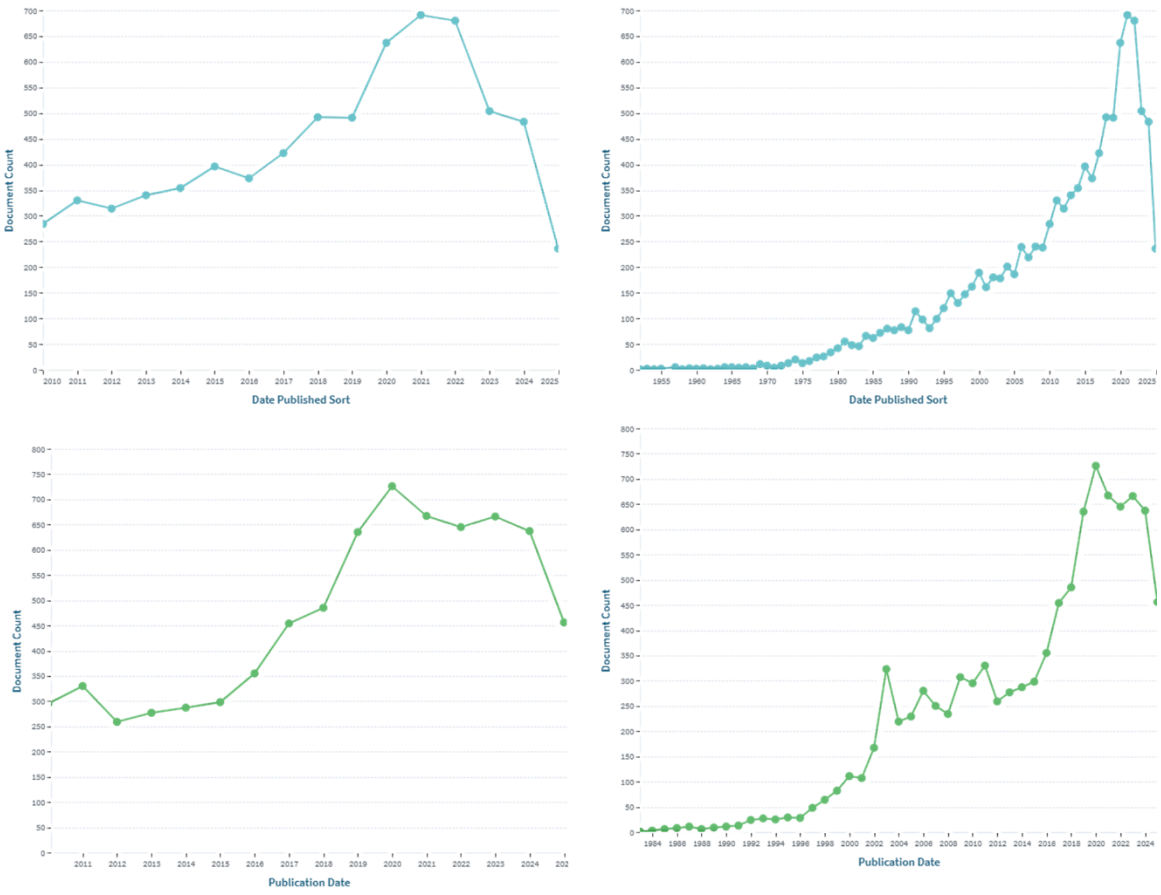
شکل (۲۲-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) استفاده از روش AOP

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۳-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) استفاده از راکتورهای USAB



شکل (۲۴-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) استفاده از Lysic cryptic growth

چندین شـرکت کلیدی در جهان در بخش تصـفیه پایدار پسـاب تسـلط دارند و راه‌حل‌های نوآورانه‌ای برای تصـفیه و مدیریت

https://heiatelmi.ir

پساب ارائه می‌دهند. در میان این شرکت‌ها، Veolia، SUEZ و Xylem به دلیل حضور جهانی و فناوری‌های پیشرفته خود برجسته هستند.

Veolia یک رهبر جهانی در خدمات زیست‌محیطی، راه‌حل‌های جامعی برای تصفیه پساب، بازیابی آب و تولید انرژی ارائه می‌دهد. آنها از فناوری‌های بیوراکتورهای غشایی (MBR) و اسمز معکوس برای استفاده مجدد و تصفیه آب استفاده می‌کنند. نوآوری‌های Veolia شامل سیستم‌های مدیریت هوشمند آب است که از تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه آب استفاده می‌کنند. پروژه آب شیرین کن جدید سنگاپور یکی از دستاوردهای برجسته آنهاست که از فناوری‌های پیشرفته فیلتراسیون برای بازیافت پساب به آب آشامیدنی استفاده می‌کند. یکی دیگر از پروژه‌های قابل توجه، کارخانه احیای آب چانگی است که هضم بی‌هوازی و بازیابی بیوگاز را برای تولید انرژی پایدار در خود جای داده است. در سال ۲۰۲۰، Veolia تقریباً ۲۷ میلیارد یورو درآمد کسب کرد و سرمایه‌گذاری‌های پیوستهی در فناوری‌های استفاده مجدد از آب، بازیابی انرژی و بازیابی منابع انجام داد.

SUEZ یکی دیگر از بازیگران اصلی در بخش تصفیه آب و پساب، بر مدیریت منابع و ارائه راه‌حل‌های پایدار برای استفاده مجدد از آب و بازیابی ضایعات تمرکز دارد. فناوری‌های آنها شامل تصفیه بیولوژیکی، فیلتراسیون غشایی و ازن‌زنی است. SUEZ ابتکارات مختلفی را در شهرهایی مانند پاریس برای مدیریت منابع آب و فناوری‌های تصفیه پایدار را اجرا نموده است. در سال ۲۰۲۰، SUEZ درآمد ۱۷.۲ میلیارد یورو را گزارش کرده است. SUEZ با Veolia برای پروژه‌های مدیریت آب در مقیاس بزرگ همکاری کرده و همچنین با IBM برای راه‌حل‌های مدیریت هوشمند آب همکاری می‌کند.

شرکت بعدی Xylem است. این شرکت که در فناوری‌های هوشمند آب تخصص دارد، راه‌حل‌هایی مانند پمپ‌های Flygt و سیستم‌های هوادهی پیشرفته را ارائه می‌دهد که باعث بهبود بهره‌وری انرژی و کیفیت آب در تصفیه پساب می‌شوند. پلتفرم Xylem Smart Water آنها از اینترنت اشیا و هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی توزیع و تصفیه آب استفاده می‌کند. Xylem در بهبود تصفیه‌خانه پساب سانفرانسیسکو که از سیستم‌های کم‌مصرف آنها برای تصفیه لجن استفاده می‌کرد، مشارکت داشت.

درآمد: درآمد Xylem در سال ۲۰۲۰ ۵.۲ میلیارد دلار بود که نشان دهنده سرمایه‌گذاری قوی آنها در فناوری‌های آب است.

شرکت‌های متمرکز در زمینه ریزجلبک بر مهار جلبک‌ها برای اهداف مختلفی از جمله تولید سوخت زیستی، حذف مواد مغذی در پساب و جذب کربن تمرکز دارند. شرکت‌های قابل توجه شامل Algenol ، Sapphire Energy و Carbon Clean Solutions هستند.

شرکت Algenol از ریزجلبک‌ها برای تولید سوخت‌های زیستی، از جمله اتانول، مستقیماً از جلبک‌ها استفاده می‌کند. آنها همچنین در فناوری‌های جذب کربن پیشگام هستند و سیستم‌های مبتنی بر جلبک خود را برای تصفیه پایدار پساب جذاب می‌کنند. فرآیند Algenol Direct این شرکت برای تولید اتانول و جذب دی‌اکسید کربن (CO_2) از منابع صنعتی توسعه یافته است. فناوری مبتنی بر جلبک آنها به حذف مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر از پساب کمک می‌کند. Algenol سرمایه قابل توجهی برای پروژه‌های سوخت زیستی مبتنی بر جلبک خود جمع‌آوری کرده است و همچنان به سرمایه‌گذاری در کشت جلبک برای تولید انرژی پایدار ادامه می‌دهد. شرکت Algenol با BP و سایر شرکت‌های انرژی برای توسعه سوخت‌های زیستی پایدار و کاهش انتشار CO_2 همکاری می‌کند.

شرکت Sapphire Energy بر سوخت‌های زیستی مبتنی بر جلبک تمرکز دارد و از جلبک‌ها، بیواتانول و بیودیزل تولید می‌کند. فناوری‌های آنها همچنین در تصفیه پساب نیز قابل استفاده است، جایی که جلبک‌ها به حذف مواد مغذی اضافی در حین

تولید سوخت‌های زیستی کمک می‌کنند. پروژه Green Crude شرکت Sapphire Energy با هدف ایجاد یک سوخت زیستی پایدار از جلبک‌ها طراحی شده است که به ترسیب کربن و اصلاح پساب نیز کمک می‌کند. شرکت Sapphire Energy به صورت خصوصی اداره می‌شود و بیش از ۱۰۰ میلیون دلار برای تحقیق و توسعه سوخت‌های زیستی مبتنی بر جلبک خود بودجه جمع‌آوری کرده است. شرکت Sapphire با شرکت‌هایی مانند ExxonMobil برای توسعه سوخت‌های زیستی مبتنی بر جلبک در مقیاس بزرگ همکاری می‌کند.

شرکت Carbon Clean Solutions از فناوری‌های مبتنی بر جلبک برای جذب کربن و تصفیه پساب استفاده می‌کند. سیستم‌های آنها CO2 را از انتشارات صنعتی استخراج می‌کنند و از ریزجلبک‌ها برای جذب و جداسازی کربن استفاده می‌کنند و مزیت دوگانه کاهش کربن و تصفیه پساب را ایجاد می‌کنند. این شرکت در پروژه‌های جذب CO2 در نیروگاه‌ها و بخش‌های صنعتی مشارکت داشته است، جایی که جلبک‌ها به تصفیه پساب کمک می‌کنند و در عین حال انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند.

فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOP) یک فناوری کلیدی برای تجزیه آلاینده‌های آلی سخت‌حذف در پساب هستند. شرکت‌های پیشرو در این زمینه عبارتند از AquaSonic، Ozone Water Systems و Degrémont (SUEZ).

AquaSonic در فناوری‌های ازن‌زنی و UV/H2O2 برای اکسیداسیون پیشرفته در تصفیه پساب تخصص دارد. این فرآیندها در تجزیه مواد شیمیایی و آلاینده‌های پایدار در پساب مؤثر هستند. AquaSonic با کارخانه‌های تولید مواد شیمیایی برای تصفیه پساب‌های پیچیده و صنایع دارویی برای حذف ریزآلاینده‌ها همکاری کرده است. AquaSonic با تولیدکنندگان صنعتی مختلف برای ارائه راه‌حل‌های AOP سفارشی همکاری می‌کند.

شرکت Degrémont (SUEZ)، بخشی از SUEZ است که فناوری‌های AOP را برای حذف آلاینده‌های مقاوم از پساب‌های صنعتی و شهری ارائه می‌دهد. سیستم‌های پیشرفته آنها شامل ازن‌زنی و فرآیند فنتون است. Degrémont (SUEZ) سیستم‌های AOP را در اروپا و آسیا برای تصفیه پساب‌های صنعتی پیاده‌سازی کرده است. کل درآمد SUEZ در سال ۲۰۲۰ ۱۷.۲ میلیارد یورو بوده است که سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در فناوری‌های تصفیه آب انجام داده است.

راکتور UASB یک فناوری بی‌هوازی کلیدی برای تصفیه پساب با غلظت بالا است. شرکت‌های Biothane (بخشی از Veolia) و EnviroChemie رهبران سیستم‌های UASB هستند.

شرکت Biothane راکتورهای UASB را ارائه می‌دهد که پساب با غلظت بالا را تصفیه کرده و بیوگاز را برای بازیابی انرژی تولید می‌کنند. Biothane راکتورهای UASB را در صنایع غذایی و آشامیدنی، به ویژه در برزیل و هند، که در آنها پساب آلی به طور موثر تصفیه می‌شود، پیاده‌سازی کرده است. این شرکت به عنوان بخشی از Veolia در کل درآمد ۲۷ میلیارد یورویی این شرکت نقش دارد.

EnviroChemie سیستم‌های تصفیه بی‌هوازی، از جمله راکتورهای UASB، را برای تصفیه پساب صنعتی طراحی می‌کند. راکتورهای UASB آنها در صنایع دارویی و شیمیایی استفاده می‌شوند و راندمان تصفیه پساب را بهبود می‌بخشند. این شرکت به صورت خصوصی اداره می‌شود و تمرکز آن بر گسترش فناوری بی‌هوازی در سراسر جهان است.

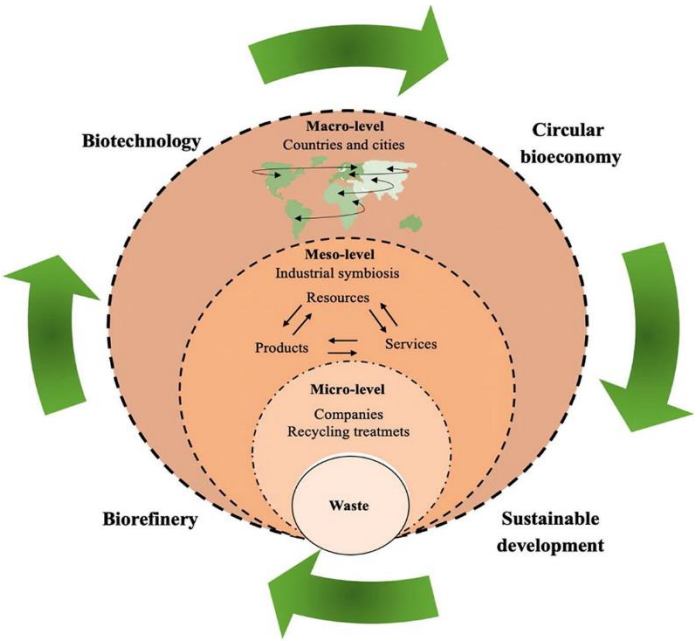
رشد نهان یک پدیده میکروبی است که در تصفیه پساب، به ویژه در سیستم‌های لجن فعال، نقش دارد. شرکت‌هایی مانند Veolia و Xylem در حال بررسی استراتژی‌های مدیریت میکروبی هستند که از این فرآیند برای تصفیه کارآمد پساب و کاهش لجن استفاده می‌کنند.

وب سایت هیات علمی

۴-۴- حوزه‌های ترند پالایشگاه زیستی

پالایشگاه زیستی به فرآیند پایدار تبدیل زیست‌توده به طیفی از محصولات باارزش، از جمله سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی زیستی، مواد تشکیل‌دهنده غذا و مواد اولیه اشاره دارد. این فرآیند به عنوان جایگزینی پایدار برای پالایشگاه‌های مبتنی بر پتروشیمی در نظر گرفته می‌شود که از منابع تجدیدپذیر برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کاهش تخریب محیط زیست و حمایت از اقتصاد چرخشی استفاده می‌کند. با نگرانی‌های جهانی در مورد تغییرات آب و هوایی، کاهش منابع و تقاضای روزافزون برای انرژی و مواد شیمیایی، فناوری پالایشگاه زیستی فرصتی برای آینده‌ای پایدارتر ارائه می‌دهد[۴۶-۵۵].

یک پالایشگاه زیستی، فرآیندها و فناوری‌های تبدیل زیست‌توده را برای تولید سوخت‌های زیستی، برق، گرما و مواد شیمیایی ارزش‌افزوده از منابع زیستی تجدیدپذیر ادغام می‌کند. زیست‌توده که شامل مواد گیاهی، ضایعات و سایر مواد آلی است، به عنوان خوراک اولیه برای پالایشگاه‌های زیستی عمل می‌کند. خوراک اولیه زیست‌توده می‌تواند از بقایای کشاورزی، بقایای جنگلی، ضایعات حیوانی، جلبک و ضایعات آلی خانگی و صنعتی به دست آید[۴۶-۵۵].



شکل (۴-۲۵) رویکردهای پایدار پالایشگاه زیستی به سمت اقتصاد چرخشی برای تبدیل ضایعات به مواد با ارزش افزوده و چشم‌اندازهای آینده[۵۶]

پالایشگاه‌های زیستی را می‌توان بر اساس نوع خوراک اولیه‌ای که پردازش می‌کنند و محصولاتی که تولید می‌کنند به انواع مختلفی طبقه‌بندی کرد. پالایشگاه‌های زیستی نسل اول از خوراک اولیه مبتنی بر مواد غذایی مانند ذرت و نیشکر برای تولید سوخت‌های زیستی مانند اتانول و بیودیزل استفاده می‌کنند. پالایشگاه‌های زیستی نسل دوم از زیست‌توده غیرخوراکی مانند بقایای کشاورزی و چوب برای تولید سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی استفاده می‌کنند. پالایشگاه‌های زیستی نسل سوم بر تولید سوخت‌های زیستی پیشرفته از جلبک و سایر میکروارگانیسم‌ها تمرکز دارند که بازده بالاتر و حداقل تاثیر محیطی را دارند. در نهایت، پالایشگاه‌های زیستی یکپارچه فرآیندهای مختلف را برای تولید طیف متنوعی از محصولات شامل سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی و برق در یک مجتمع واحد ترکیب می‌کنند[۵۱].

یکی از مزایای اولیه پالایشگاه‌های زیستی، کمک آن‌ها به پایداری محیط زیست است. با تبدیل زیست‌توده به انرژی و مواد شیمیایی، پالایشگاه‌های زیستی به کاهش نیاز به سوخت‌های فسیلی که منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند، کمک

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

می‌کنند. استفاده از خوراک اولیه تجدیدپذیر در پالایشگاه‌های زیستی به کاهش انتشار کربن کمک می‌کند، زیرا دی‌اکسید کربن منتشر شده در طول استفاده از سوخت‌های زیستی، با CO_2 جذب شده در طول رشد زیست‌توده جبران می‌شود. علاوه بر این، پالایشگاه‌های زیستی همچنین می‌توانند از مواد زائد مانند بقایای کشاورزی و پسماند شهری استفاده کنند که بار محیطی مرتبط با دفع پسماند را کاهش می‌دهد[۴۹, ۵۶]

پالایشگاه‌های زیستی یک منبع جایگزین انرژی ارائه می‌دهند که وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. سوخت‌های زیستی تولید شده توسط پالایشگاه‌های زیستی، مانند اتانول و بیودیزل، می‌توانند جایگزین بنزین و دیزل شوند که آن‌ها را در افزایش امنیت انرژی مهم می‌سازد. با توسعه منابع محلی زیست‌توده برای تولید انرژی، پالایشگاه‌های زیستی می‌توانند به کاهش وابستگی به نفت وارداتی کمک کنند و در نتیجه آسیب‌پذیری در برابر نوسانات قیمت جهانی نفت را کاهش دهند[۵۵].

تاسیس و گسترش پالایشگاه‌های زیستی به رشد اقتصادی و اشتغال‌زایی کمک می‌کند. بازارهای جدیدی برای بقایای کشاورزی، ضایعات جنگلی و سایر منابع زیست‌توده ایجاد می‌شود که نوآوری در بخش‌های کشاورزی و انرژی را به دنبال دارد. علاوه بر این، پالایشگاه‌های زیستی می‌توانند طیف وسیعی از فرصت‌های شغلی را در حوزه‌های مختلفی مانند مهندسی، کشاورزی، لجستیک و مدیریت پسماند ایجاد کنند. توسعه پالایشگاه‌های زیستی پتانسیل احیای اقتصادهای روستایی را با ارائه منابع درآمدی اضافی برای کشاورزان دارد[۵۴, ۵۶].

پالایشگاه‌های زیستی همچنین نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی ایفا می‌کنند. گذار جهانی به سمت یک اقتصاد مبتنی بر زیست‌توده که توسط پالایشگاه‌های زیستی حمایت می‌شود، به کاهش انتشار کربن مرتبط با مصرف سوخت‌های فسیلی کمک می‌کند. علاوه بر این، پالایشگاه‌های زیستی پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی کم‌کربن را ارائه می‌دهند که می‌تواند به طور قابل توجهی ردپای کلی گازهای گلخانه‌ای بخش‌های صنعتی و حمل و نقل را کاهش دهد[۵۲].

پالایشگاه‌های زیستی سهم قابل توجهی در مفهوم اقتصاد چرخشی دارند، جایی که منابع به طور پیوسته مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند و ضایعات به حداقل می‌رسند. در این چارچوب، ضایعات زیست‌توده از کشاورزی، جنگلداری و حتی پسماند جامد شهری می‌توانند به محصولات باارزش تبدیل شوند. با ادغام پالایشگاه‌های زیستی با سیستم‌های مدیریت پسماند، می‌توان کربن را از جریان‌های ضایعات به محصولات جدید بازیافت کرد و در نتیجه چرخه مواد را بسته و ردپای محیطی فعالیت‌های صنعتی را کاهش داد[۴۸, ۵۶, ۵۷].

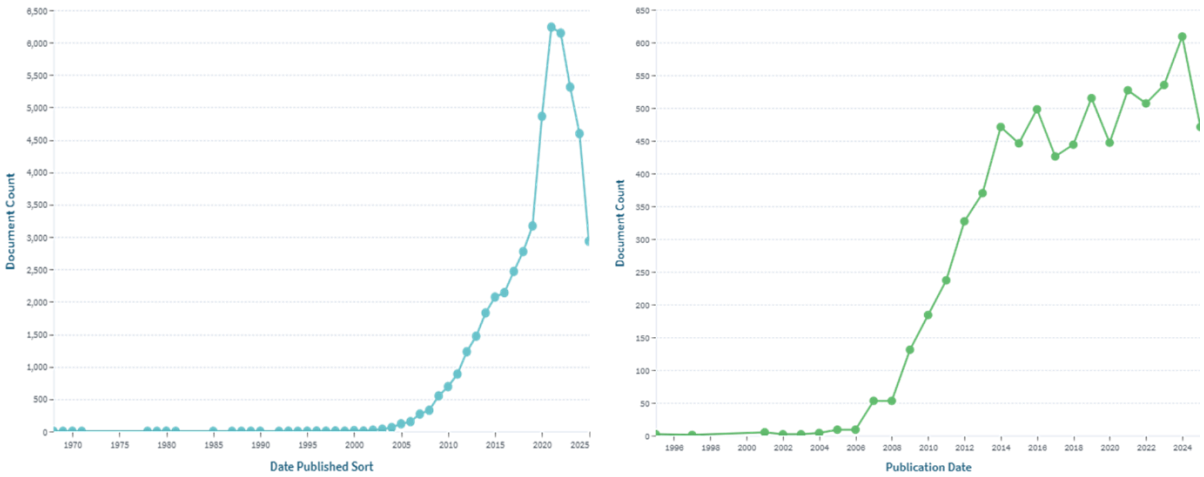
آینده پالایشگاه‌های زیستی امیدوارکننده به نظر می‌رسد، با فناوری‌های نوظهوری مانند سوخت‌های زیستی مبتنی بر جلبک، مهندسی ژنتیک برای بهبود خوراک اولیه و جذب کربن یکپارچه در سیستم‌های پالایشگاه زیستی. سوخت‌های زیستی مبتنی بر جلبک به طور خاص پتانسیل بالایی دارند زیرا با محصولات غذایی برای منابع زمین یا آب رقابت نمی‌کنند. علاوه بر این، پیشرفت در فناوری زیستی و زیست‌شناسی مصنوعی می‌تواند به روش‌های کارآمدتر و مقرون به صرفه‌تر برای تبدیل زیست‌توده منجر شود و به غلبه بر برخی موانع فناورانه که سیستم‌های کنونی پالایشگاه زیستی با آن مواجه هستند کمک کند[۵۱, ۵۶, ۵۷].

پالایشگاه‌های زیستی محور گذار به سمت یک اقتصاد پایدار مبتنی بر زیست‌توده هستند. با ارائه یک منبع تجدیدپذیر انرژی و مواد شیمیایی باارزش، آن‌ها به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کاهش تغییرات آب و هوایی و ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید کمک می‌کنند. با این حال، چالش‌های قابل توجهی از نظر در دسترس بودن خوراک اولیه، توسعه فناوری و

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

رقابت در بازار باقی می‌ملند. پرداختن به این چالش‌ها از طریق نوآوری، تحقیق و سیاست‌های حمایتی برای تحقق کامل پتانسیل پالایشگاه‌های زیستی بسیار مهم خواهد بود[۵۱، ۵۶، ۵۷].



شکل (۲۶-۴) روند پتنت‌ها (راست، رنگ سبز) و مقالات (چپ، رنگ آبی) در زمینه پالایشگاه زیستی

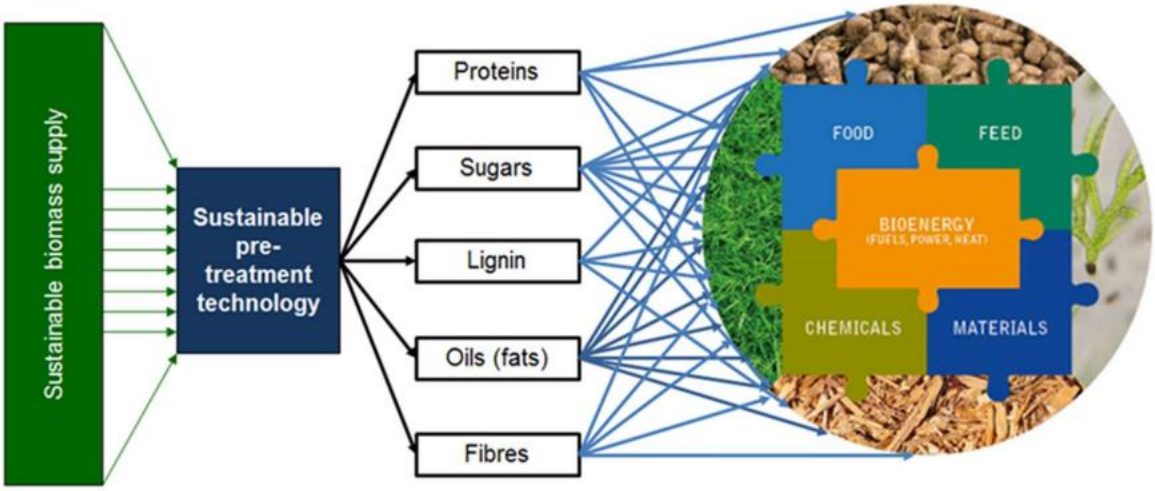
۱-۴-۴- پالایشگاه زیستی

بازیابی مواد مغذی در زمینه پالایشگاه زیستی به فرآیند جذب مواد مغذی ارزشمند از جریان‌های ضایعات مانند پساب، پسماندهای کشاورزی و سایر محصولات جانبی آلی و بازگرداندن آنها به چرخه تولید اشاره دارد. این امر با اصول اقتصاد چرخشی و پایداری همسو است. از آنجایی که پالایشگاه‌های زیستی بر تبدیل زیست‌توده به محصولات ارزشمندی مانند سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی و مواد زیستی تمرکز دارند، بازیابی مواد مغذی راهی برای افزایش بهره‌وری منابع پالایشگاه‌های زیستی نه تنها با کاهش ضایعات، بلکه با تولید محصولات ارزشمند برای مصارف کشاورزی یا صنعتی ارائه می‌دهد. این مواد مغذی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و مواد معدنی کمیاب هستند که برای رشد گیاهان و میکروب‌ها ضروری هستند. بازیابی مواد مغذی از جریان‌های ضایعات، بار زیست‌محیطی آلودگی مواد مغذی را کاهش می‌دهد. به طور خاص، نیتروژن و فسفر از عوامل کلیدی آلودگی آب هستند، زمانی که به مقدار زیاد از پساب و رواناب کشاورزی تخلیه می‌شوند. با بازیابی این مواد مغذی، پالایشگاه‌های زیستی می‌توانند به کاهش مسائلی مانند اتروفیکاسیون، که منجر به شکوفایی جلبک‌ها و کاهش اکسیژن در آب‌ها می‌شود و بر اکوسیستم‌های آبی و کیفیت آب تأثیر منفی می‌گذارد، کمک کنند[۵۸]. مواد مغذی بازیابی شده می‌توانند به عنوان کود استفاده شوند و به کاهش وابستگی به کودهای مصنوعی که به دلیل فرآیندهای تولید و استفاده بیش از حد در کشاورزی، ردپای زیست‌محیطی قابل توجهی دارند، کمک کنند. از طرف دیگر، با بازیابی مواد مغذی از جریان‌های ضایعات، پالایشگاه‌های زیستی به مدل اقتصاد چرخشی کمک می‌کنند. بازیابی مواد مغذی به بستن حلقه بین ضایعات و تولید کمک می‌کند و آنچه را که در غیر این صورت ضایعات بود به یک منبع ارزشمند تبدیل می‌کند. این امر نه تنها نیاز به استخراج مواد خام را کاهش می‌دهد، بلکه میزان ضایعات‌های آلی را که به محل‌های دفن

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ضایعات یا ضایعات‌سوزها می‌روند نیز به حداقل می‌رساند. این فرآیند با تقویت استفاده کارآمد از منابع و به حداقل رساندن ضایعات، با اهداف توسعه پایدار همسو است[۵۹]. مواد مغذی بازیافتی، به ویژه نیتروژن و فسفر، می‌توانند به عنوان کودهای آلی برای افزایش حاصلخیزی خاک استفاده شوند. در مناطقی که استفاده از کودهای مصنوعی گران است یا نگرانی‌هایی در مورد تخریب خاک وجود دارد، بازیابی مواد مغذی یک جایگزین اقتصادی مناسب ارائه می‌دهد. علاوه بر این، استفاده از مواد مغذی بازیافتی می‌تولند هزینه کلی کودها را برای کشاورزان کاهش دهد، در نتیجه امنیت غذایی را بهبود بخشیده و از شیوه‌های کشاورزی پایدار حمایت می‌کند[۶۰].



شکل (۲۷-۴) شماتیک بیوریفاینری [۶۱]

استراتژی‌های مختلفی در پالایشگاه‌های زیستی برای بازیابی مواد مغذی از جریان‌های ضایعات به کار گرفته می‌شود. این استراتژی‌ها از نظر فناوری، جریان فرآیند و نوع ضایعاتی که تصفیه می‌شود متفاوت است.

- حذف بیولوژیکی مواد مغذی (BNR): فرآیندهای بیولوژیکی مانند نیتریفیکاسیون-دنیتریفیکاسیون به طور گسترده برای حذف و بازیابی نیتروژن از پساب استفاده می‌شوند. در این فرآیندها، میکروارگانیسم‌ها آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند و سپس نیترات را بیشتر به گاز نیتروژن کاهش می‌دهند. با این حال، نیتروژن را می‌توان در مراحل مختلف برای استفاده به عنوان کود یا برای تولید انرژی جذب کرد. بازیابی بیولوژیکی مواد مغذی به ویژه در تصفیه پساب از رواناب کشاورزی، پساب شهری و پساب‌های صنعتی مؤثر است[۶۲].
- رسوب استرووویت: استرووویت، یک ترکیب کریستالی متشکل از منیزیم، آمونیوم و فسفات، اغلب به عنوان کود از پساب بازیابی می‌شود. این فرآیند معمولاً در تأسیسات تصفیه پساب انجام می‌شود، جایی که استرووویت با تنظیم pH و افزودن نمک‌های منیزیم رسوب می‌کند. استرووویت می‌تواند به عنوان یک کود با رهایش آهسته استفاده شود که باعث کاهش هدررفت مواد مغذی به محیط زیست و افزایش پایداری کشاورزی می‌شود. این روش معمولاً در پالایشگاه‌های زیستی برای بازیابی فسفر و نیتروژن استفاده می‌شود[۶۳].
- فیلتراسیون غشایی و اسمز معکوس: تکنیک‌های فیلتراسیون غشایی، مانند اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون، می‌توانند برای بازیابی مواد مغذی از پساب استفاده شوند. این فرآیندها در حذف طیف وسیعی از مواد مغذی محلول، از جمله نیتروژن، فسفر و سایر مواد معدنی کمیاب، مؤثر هستند. کنسانتره غنی از مواد مغذی سپس می‌تواند فرآوری و به کود ارزشمندی تبدیل شود. اگرچه این تکنیک‌ها انرژی‌بر هستند، اما نرخ بازیابی بالایی ارائه می‌دهند و به طور

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فزاینده‌ای در پالایشگاه‌های زیستی برای بازیافت مواد مغذی ادغام می‌شوند[۶۴].

- هضم بی‌هوازی و تولید بیوگاز: هضم بی‌هوازی فرآیندی است که به طور گسترده در پالایشگاه‌های زیستی برای تصفیه ضایعات‌های آلی، مانند پسماندهای کشاورزی و ضایعات‌های غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرایند بیوگاز (متان) تولید می‌کند که می‌تواند برای تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، ماده آلی هضم شده، که به عنوان هضم کننده شناخته می‌شود، حاوی مواد مغذی ارزشمندی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. این مواد مغذی را می‌توان بازیابی و به کودهایی برای مصارف کشاورزی تبدیل کرد و در نتیجه به بازیافت مواد مغذی در زمینه پالایشگاه زیستی کمک می‌کند[۶۵].
- سیستم‌های مبتنی بر جلبک: ریزجلبک‌ها پتانسیل بازیابی مواد مغذی، به ویژه نیتروژن و فسفر، از فاضلاب را نشان داده‌اند. جلبک‌ها می‌توانند این مواد مغذی را جذب کرده و در عوض، زیست توده‌ای تولید کنند که می‌تولند برای تولید سوخت زیستی، خوراک دام یا سایر محصولات زیستی استفاده شود. سیستم‌های مبتنی بر جلبک، یک راه حل یکپارچه برای تصفیه فاضلاب و بازیابی مواد مغذی ارائه می‌دهند[۶۶].

اروپا در فناوری‌های بازیابی مواد مغذی پیشرو بوده است و کشورهای مختلفی در حال اجرای رسوب‌گذاری استرووویت و حذف بیولوژیکی مواد مغذی در تأسیسات تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی هستند. اتحادیه اروپا همچنین سیاست‌ها و برنامه‌های تأمین مالی را برای ترویج توسعه پالایشگاه‌های زیستی و سیستم‌های بازیابی مواد مغذی معرفی کرده است[۶۷].

ایالات متحده آمریکا بر پیشرفت فناوری‌های فیلتراسیون غشایی و سیستم‌های هضم بی‌هوازی برای بازیابی مواد مغذی از زباله‌های کشاورزی و فاضلاب شهری تمرکز دارد. چندین پالایشگاه زیستی در ایالات متحده در حال حاضر بازیابی مواد مغذی را برای افزایش پایداری ادغام می‌کنند.

آسیا دارای عملیات کشاورزی در مقیاس بزرگ و تأسیسات تصفیه فاضلاب است که آن را به منطقه‌ای ایده‌آل برای اجرای سیستم‌های بازیابی مواد مغذی تبدیل می‌کند. چین، به ویژه، در سیستم‌های مبتنی بر جلبک و بازیافت مواد مغذی از پساب آبزی‌پروری سرمایه‌گذاری کرده است تا آلودگی را کاهش داده و بهره‌وری استفاده از منابع را افزایش دهد[۶۸].

آینده بازیابی مواد مغذی در پالایشگاه‌های زیستی امیدوارکننده است و پیشرفت‌های چشمگیری در فناوری، مقیاس‌پذیری و یکپارچه‌سازی پیش‌بینی می‌شود. بازیابی مواد مغذی بخش جدایی‌ناپذیر اقتصاد چرخشی خواهد بود، زیرا پالایشگاه‌های زیستی همچنان به سیستم‌هایی تبدیل می‌شوند که ضایعات را به حداقل می‌رسانند و استفاده از منابع را بهینه می‌کنند. ادغام بازیابی مواد مغذی در پالایشگاه‌های زیستی با کاهش وابستگی به کودهای مصنوعی و ارائه منابع ارزشمند به بخش کشاورزی، پایداری کلی اقتصاد زیستی را افزایش می‌دهد[۶۹].

بازیابی مواد مغذی در زمینه پالایشگاه‌های زیستی یک جزء حیاتی از توسعه پایدار است. این امر با کاهش آلودگی مواد مغذی، بستن حلقه مواد مغذی و ارائه منابع ارزشمند برای کشاورزی، مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و کشاورزی را ارائه می‌دهد. پیشرفت‌های پیوسته فناوری، حمایت سیاستی و ادغام با مدل‌های اقتصاد چرخشی، آینده‌ای امیدوارکننده برای بازیابی مواد مغذی در پالایشگاه‌های زیستی را نشان می‌دهد. با سرمایه‌گذاری و نوآوری پیوسته، بازیابی مواد مغذی می‌تواند به سنگ بنای عملیات پایدار پالایشگاه‌های زیستی در سراسر جهان تبدیل شود.

استراتژی بعدی در پالایشگاه زیستی، ذخیره سازی زیست توده[1] است. ذخیره‌سازی زیست‌توده به روش‌ها و فناوری‌هایی اشاره

[1] Biomass storage

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

دارد که برای ذخیره‌سازی ایمن و کارآمد مواد زیست‌توده برای استفاده‌های بعدی در تولید انرژی زیستی یا سایر فرآیندهای پالایش زیستی به کار می‌روند. زیست‌توده در این زمینه، شامل مواد آلی مانند چوب، پسماندهای کشاورزی و مواد زائدی است که می‌توانند به انرژی، سوخت‌های زیستی یا سایر محصولات زیستی تبدیل شوند. ذخیره‌سازی مناسب برای اطمینان از اینکه زیست‌توده در شرایط قابل استفاده باقی می‌ماند، ضروری است، زیرا عواملی مانند رطوبت، دما و فعالیت میکروبی می‌توانند کیفیت آن را کاهش دهند. ذخیره‌سازی زیست‌توده نقش محوری در زنجیره تأمین زیست‌توده ایفا می‌کند. راه‌حل‌های ذخیره‌سازی مؤثر برای حفظ محتوای انرژی زیست‌توده، جلوگیری از تخریب و در دسترس قرار دادن مواد برای تولید پیوسته انرژی ضروری است. با توجه به اهمیت یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر، زیست‌توده به طور فزاینده‌ای به عنوان جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی دیده می‌شود که به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارتقای انرژی پایدار کمک می‌کند. در پالایشگاه‌های زیستی، زیست‌توده به سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی و سایر محصولات زیستی تبدیل می‌شود و بنابراین جایگزینی پایدار برای محصولات مبتنی بر نفت فراهم می‌کند[۷۰-۸۹].

در یک پالایشگاه زیستی، ذخیره‌سازی زیست‌توده برای اطمینان از تأمین پیوسته و پایدار مواد اولیه برای تبدیل به سوخت‌های زیستی، مواد بیوشیمیایی و سایر محصولات با ارزش افزوده ضروری است. ذخیره‌سازی باید با ظرفیت پردازش پالایشگاه زیستی هماهنگ شود تا اطمینان حاصل شود که زیست‌توده در صورت نیاز و بدون وقفه در دسترس است. در پالایشگاه‌های زیستی یکپارچه، زیست‌توده در مقادیر زیادی ذخیره می‌شود تا پردازش پیوسته را تسهیل کند و کارایی سیستم‌های ذخیره‌سازی مستقیماً بر امکان‌سنجی اقتصادی این عملیات تأثیر می‌گذارد. نقش ذخیره‌سازی زیست‌توده در پالایشگاه‌های زیستی فراتر از صرفاً نگهداری مواد اولیه است. این نقش با کارایی و پایداری کل عملیات گره خورده است. به عنوان مثال، به حداقل رساندن اتلاف انرژی در طول ذخیره‌سازی زیست‌توده از طریق شرایط بهینه و فناوری‌های پیشرفته می‌تواند ردپای کلی کربن پالایشگاه زیستی را کاهش دهد. این امر به ویژه با توجه به تلاش‌های جهانی برای مبارزه با تغییرات اقلیمی و گذار به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر، اهمیت دارد. تأکید جهانی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید سوخت‌های زیستی پایدار، ذخیره‌سازی زیست‌توده را به یک جزء حیاتی از آینده بخش انرژی تبدیل کرده است. دولت‌ها در سراسر جهان در حال سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای ارتقای فناوری‌های ذخیره‌سازی، با هدف بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها هستند. در برخی مناطق، تأسیسات ذخیره‌سازی زیست‌توده در حال ادغام با زیرساخت شبکه‌های هوشمند هستند، جایی که می‌توان انرژی را برای استفاده بعدی در شبکه‌های برق و تولید سوخت زیستی ذخیره کرد. به طور کلی ذخیره‌سازی زیست‌توده یک جنبه حیاتی از مفهوم پالایشگاه زیستی است که تضمین می‌کند مواد اولیه حفظ، در دسترس و آماده تبدیل به محصولات پایدار زیستی هستند. با نوآوری‌های پیوسته و استراتژی‌های جهانی با هدف بهینه‌سازی روش‌های ذخیره‌سازی، زیست‌توده همچنان نقش حیاتی در گذار به آینده‌ای با انرژی تجدیدپذیر ایفا خواهد کرد. از طریق تکنیک‌های ذخیره‌سازی بهبود یافته، جهان می‌تواند انتظار یک صنعت زیست‌توده پایدارتر، کارآمدتر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر را داشته باشد[۷۰-۸۹].

لیگنین یکی از فراوان‌ترین بیوپلیمرهای طبیعت است که عمدتاً در دیواره‌های سلولی گیاهان، به ویژه در زیست‌توده‌های چوبی یافت می‌شود. این ماده به عنوان یک جزء ساختاری عمل می‌کند و استحکام و مقاومت در برابر تخریب را فراهم می‌کند. به طور سنتی، لیگنین به عنوان یک محصول جانبی زائد در فرآیندهای صنعتی، به ویژه در صنعت کاغذ و خمیر کاغذ، که در طول تولید الیاف سلولزی حذف می‌شود، در نظر گرفته می‌شد. با این حال، در سال‌های اخیر، تغییر قابل توجهی به سمت ارزش‌گذاری لیگنین رخ داده است که شامل یافتن راه‌هایی برای افزودن ارزش به این منبع فراوان با تبدیل آن به محصولات با

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ارزش بالا، مانند سوخت‌های زیستی، مواد بیوشیمیایی و مواد زیستی است[۹۰-۹۵].

ارزش‌گذاری لیگنین[1] به فرآیند تبدیل لیگنین به محصولات ارزشمند با بهره‌گیری از ساختار پیچیده و ترکیب شیمیایی آن اشاره دارد. برخلاف سلولز و همی‌سلولز که عمدتاً برای تولید سوخت‌های زیستی استفاده می‌شوند، لیگنین سرشار از ترکیبات آروماتیک است و آن را به یک ماده اولیه امیدوارکننده برای کاربردهای متنوع در انرژی زیستی، مواد شیمیایی و مواد تبدیل می‌کند. فرآیندهای ارزش‌گذاری لیگنین با هدف تجزیه ساختار پیچیده آن برای آزادسازی این اجزای ارزشمند، چیزی را که زمانی زباله محسوب می‌شد، به منبعی با پتانسیل تجاری قابل توجه تبدیل می‌کنند[۹۰-۹۵].

در سطح جهانی، استراتژی‌های مختلفی برای افزایش ارزش‌گذاری لیگنین، با تمرکز بر توسعه فناوری‌هایی که می‌توانند لیگنین را به سوخت‌های زیستی، مواد بیوشیمیایی و مواد پیشرفته تبدیل کنند، توسعه یافته است. یکی از استراتژی‌های کلیدی جهانی شامل ادغام ارزش‌گذاری لیگنین در مفاهیم پالایشگاه زیستی است. در پالایشگاه‌های زیستی، لیگنین را می‌توان در کنار سایر اجزای زیست‌توده، مانند سلولز و همی‌سلولز، برای ایجاد طیف وسیعی از محصولات زیستی فرآوری کرد. این رویکرد استفاده از زیست‌توده گیاهی را به حداکثر می‌رساند و پایداری کلی و دوام اقتصادی عملیات پالایشگاه زیستی را بهبود می‌بخشد. این استراتژی مزایای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی قابل توجهی دارد. از نظر اقتصادی، فرصت‌های جدیدی را برای توسعه محصولات با ارزش بالا از زیست توده تجدیدپذیر ارائه می‌دهد و وابستگی به منابع فسیلی را کاهش می‌دهد. از نظر زیست‌محیطی، ارزش‌گذاری لیگنین با ترویج استفاده از منابع تجدیدپذیر و کاهش ضایعات، به اقتصاد چرخشی کمک می‌کند. علاوه بر این، با فراهم کردن امکان تولید مواد و مواد شیمیایی پایدار، ارزش‌گذاری لیگنین می‌تواند با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با فرآیندهای تولید سنتی، به کاهش تغییرات اقلیمی کمک کند. علاقه روزافزون به ارزش‌گذاری لیگنین همچنین با اهداف پایداری جهانی، مانند اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد (SDGs) همسو است. با تبدیل لیگنین به سوخت‌های زیستی، مواد بیوشیمیایی و مواد پیشرفته، ارزش‌گذاری لیگنین از تولید انرژی پایدار، مصرف مسئولانه و ایجاد محصولات سازگار با محیط زیست پشتیبانی می‌کند. علاوه بر این، ارزش‌گذاری لیگنین می‌تواند بازارها و فرصت‌های شغلی جدیدی را در اقتصاد سبز، به ویژه در بخش‌هایی مانند انرژی زیستی، پالایش زیستی و تولید مواد تجدیدپذیر، ایجاد کند .شکل زیر، محصولات قابل تولید در پلتفرم لیگنین را بیان میکند[۹۰-۹۵].

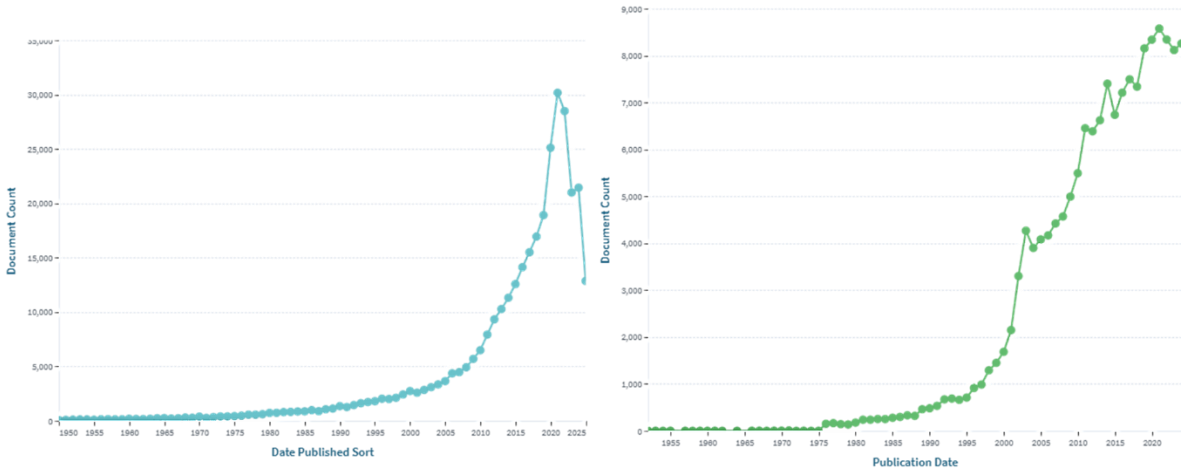
MACRO-CATEGORY	PRODUCT	SUB-PRODUCT/APPLICATION	SECTOR	CURRENT LIGNIN FEEDSTOCK	TECHNOLOGIES	TRL
Polymeric Materials	Dispersants	Lignin-based Asphalt	Building	Lignosulfonates and kraft (alkali-oxidated)	Blends with Asphalt	5
		Concrete modifier			Almost direct use	5
		Drilling muds modifier	Oil extraction	Lignosulfonates	Almost direct use	5
		Agricultural chemicals	Agriculture	Lignosulfonates and kraft (alkali-oxidated)	Almost direct use of a selected molecular weight range	7
		Dyes	Textile, Cosmetic			
		Carbon black in battery electrodes	Automotive			
	Phenolic resins	Panels	Building, Furnishings	Kraft, Organosolv, Soda	Phenolic unit activation and polymerization	8
		Plywood, Laminates	Building, Furnishings			
		Food packaging	Packaging			
	Polyurethane	Foam	Building, Furnishings, Automotive	Kraft, Organosolv, Soda	Polyol reactivity improv. and di-isocyanate reaction	6
		Panels	Building			
		Coatings	Building, Electronic			
		Rubber replacing	Apparel			
	Blends with PE, PP, PET, etc.	Coatings, Plastic	Food, Animal feed, Agriculture	Kraft, Organosolv, Soda	Blends	9
		Displays	Electronic			
Materials for electrochemical applications	Energy storage sistems	Additive in electrodes, flow-batteries, supercapacitors	Building, automotive	Lignosulfonates	Lignosulfonate-functionalized graphene hydrogels, Lignosulfonate with single-walled carbon nanotubes and cellulose hydrogels	5
Carbon Fibres			Automotive, Steel repl.	Kraft, Organosolv, Soda	Lignin modif. (filaments), blends (PAN, other pol.)	5
Activated carbon/biochar		Agricultural amendment	Agriculture	Lignosulfonates, Kraft, Organosolv, Soda	Pyr., Gasification	6-8
BTX (Benzene, Toluene, Xylenes)	Chemicals	Solvents, Monomers, Fuels	Industry (synthesis, solvents, etc.), Automotive, Transport	Kraft (biomass)	Pyrolysis, Hydrothermal treatments, Hydrodeoxygenation, Separation	4-6
Fuels	Hydrocarbons	Automotive fuels (light hydroc.)	Automotive, Transport	Kraft, Organosolv, Soda	Pyr., Gasification, sequential Pyr/HDO	5
		Jet-fuels (Alkyl benzene related)	Aircraft, Transport			5
	Aromatic rich pyr. oil (petroleum like)		Refinery products (fuels, chemicals)			5
	Syngas (CO, H2, CH4)		Power production			9
Aromatic lignin monomers	Quinones	Solvents, Polym. building block	Industry (synthesis, solvents, etc.)	Kraft, Organosolv, Soda	HTL (acid and alkali cat), HDO + Separation and Purification Technologies	3-5
	Benzylic aldehydes					5
	Phenols					5-7
	Aromatic alcohols					5
	Vanillin	Spice production	Food	Lignosulfonates	Lignin oxidation (Borregaard process)	9
Mixed organic acids	Short chain acids, di-acids, -OH acids	Solvents, Polym. building block	Industry (synthesis, solvents, etc.)	Kraft, Organosolv, Soda	Lignin oxidation process + Sep. in addition, Pur. Technol.	5

[1] Lignin valorization

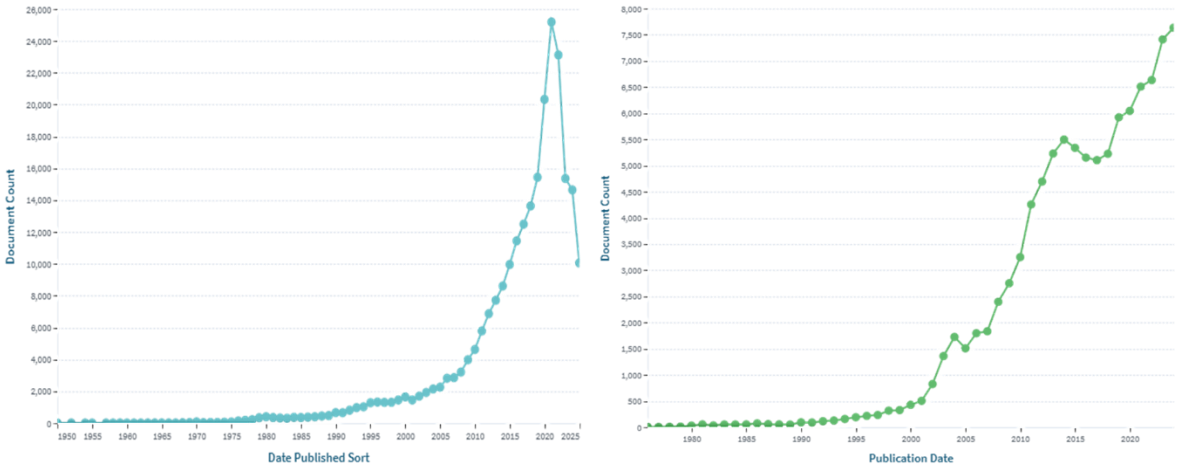
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

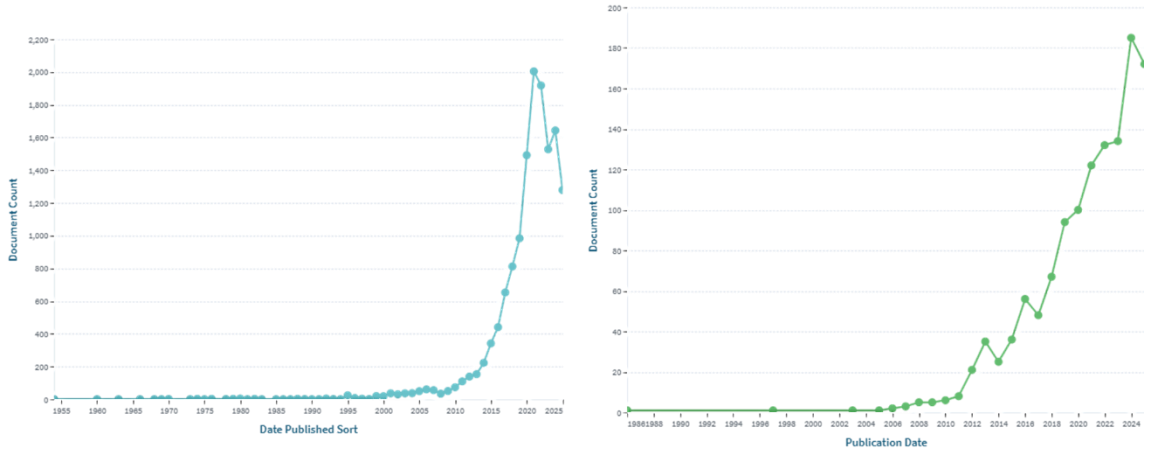
شکل (۲۸-۴) محصولات قابل تولید در پلت فرم لیگنین [۹۶]



شکل (۲۹-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای بازیابی مواد مغذی



شکل (۳۰-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای ذخیره سازی بیومس

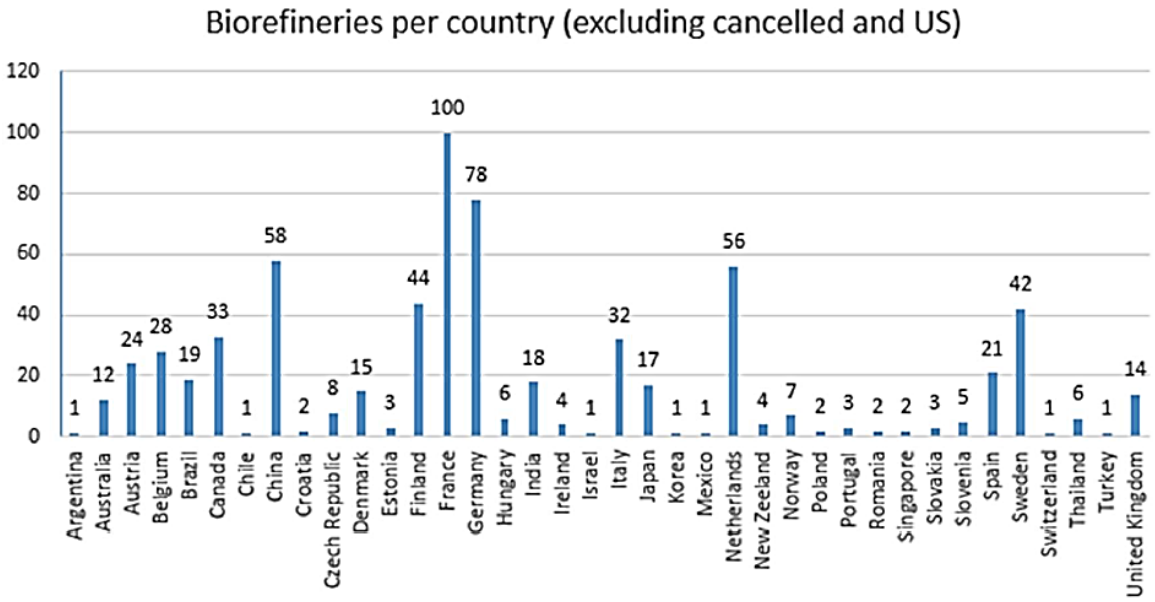


https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۳۱-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای ارزش افزایی از لیگنین

طبق گزارش ۲۰۲۲ سازمان IEA، تعداد کل پالایشگاه‌های زیستی به جز پالایشگاه‌های زیستی لغو شده در جهان حدود ۱۳۱۲ مورد بوده که ۶۳۷ پالایشگاه زیستی در ایالات متحده امریکا قرار دارد. تعداد زیاد پالایشگاه‌های زیستی در ایالات متحده امریکا از شکل زیر حذف شده‌اند تا از تحریف نمودار میله‌ای جلوگیری شود و مشاهده اعداد در سایر نقاط جهان آسان‌تر باشد. طبق شکل، بیش از ۴۰ پالایشگاه زیستی در کشورهای چین، فنلاند، فرانسه، آلمان، هلند، سوئد و ایالات متحده یافت شد. بین ۱۰ تا ۴۰ پالایشگاه زیستی در استرالیا، اتریش، بلژیک، برزیل، کانادا، دانمارک، هند، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا و بریتانیا وجود داشته و سایر کشورها کمتر از ۱۰ پالایشگاه زیستی دارند.[۶۱].



شکل (۳۲-۴) تعداد پالایشگاه‌های زیستی جهان[۶۱]

نوع خوراک اصلی پالایشگاه‌های زیستی در پایگاه‌های داده، زیست‌توده اولیه است. با این حال، زیست‌توده ثانویه نیز یک خوراک مهم برای پالایشگاه‌های زیستی است (شکل زیر). خوراک‌های اصلی زیست‌توده اولیه، محصولات نشاسته‌ای و محصولات روغنی هستند. محصولات قندی، زیست‌توده لیگنوسلولزی از زمین‌های زراعی/چمنزارها و زیست‌توده لیگنوسلولزی از جنگلداری نیز خوراک‌های مهم زیست‌توده اولیه هستند. خوراک اصلی زیست‌توده ثانویه، سایر پسماندهای آلی است و پس از آن پسماندهای کشاورزی و پسماندهای جنگلداری قرار دارند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

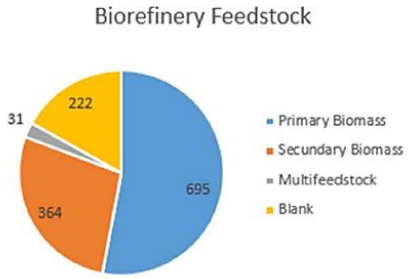
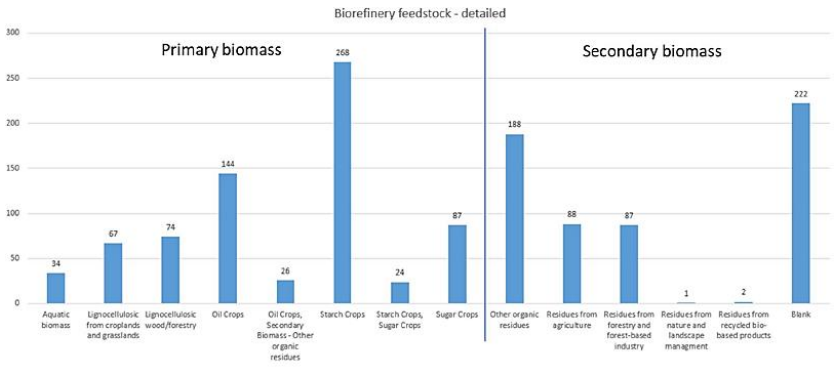


Figure 7. Main biorefinery feedstock types.

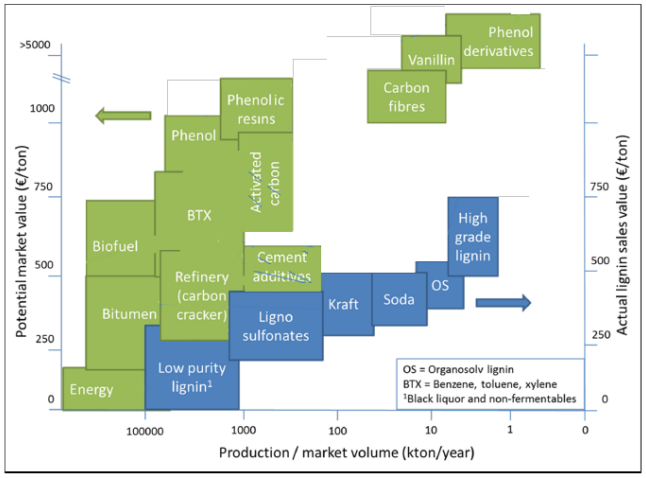


شکل (۳۳-۴) خوراک اصلی پالایشگاه‌های زیستی[۶۱]

شکل زیر پتانسیل جهانی محصولات تولیدی از لیگنین را بیان می‌کند.

Potential global market value

- Fuels (jet-fuels) 100 billion €/yr
- BTX (benzene, toluene, xylenes) 40 billion €/yr
- Polymers (phenolic resins, polyurethans) 25 billion €/yr
- Carbon fibers 3 billion €/yr



Main lignin-based product	Estimated yield % (kg/kg$_{LIGNIN}$)	Market size (kt/y)	Product selling price (€/t)
Jet fuels	30	246'000	500
B/T/X	10-25	40200/19800/42500	1200
Polyols for polyurethanes	100	20000	1500
Colloidal Lignin (nano)particles	100	5000-20000	800-1500
Catechol	3-28	15-20	985-2000
Eugenol	3	37	8000
Vanillin	8	16	14000
Carbon fibre	70	100	38000

شکل (۳۴-۴) پتانسیل جهانی محصولات تولیدی از لیگنین[۹۶]

بازیگران اصلی جهانی در بازار پالایشگاه‌های زیستی شامل شرکت‌های چندملیتی انرژی، شرکت‌های بزرگ فرآوری کشاورزی و

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شرکت‌های تخصصی سوخت‌های زیستی و شیمیایی هستند. این شرکت‌ها از مواد اولیه زیست‌توده مختلف برای تولید طیف وسیعی از محصولات، از سوخت‌های زیستی مانند اتانول و دیزل تجدیدپذیر گرفته تا مواد شیمیایی زیستی و مواد زیستی پیشرفته استفاده می‌کنند.

شرکت‌های بزرگ نفت و گاز با بخش‌های سوخت زیستی

۳. Neste (فنلاند):Neste، پیشرو در سوخت هوایی پایدار (SAF) و دیزل تجدیدپذیر، محصولات تجدیدپذیر را از مواد اولیه زباله و پسماند تصفیه می‌کند.
۴. TotalEnergies (فرانسه): این شرکت چندمنظوره در زمینه سوخت‌های زیستی فعال است و تولید بیوگاز از زباله‌های آلی را در مقیاس تجاری آغاز کرده است.
۵. Chevron (ایالات متحده): شورون، به‌ویژه پس از خرید گروه انرژی تجدیدپذیر (REG)، یک بازیگر برجسته، بیودیزل و دیزل تجدیدپذیر تولید می‌کند. همچنین در حال گسترش ظرفیت دیزل تجدیدپذیر خود و سرمایه‌گذاری در مواد اولیه است.
۶. Petrobras (برزیل): این شرکت دولتی با سابقه طولانی در سوخت‌های زیستی برزیل، در تولید اتانول و بیودیزل فعالیت دارد.
۷. شرکت BP (بریتانیا): این شرکت سوخت‌های زیستی را در استراتژی‌های انتقال انرژی خود گنجانده است.

شل (بریتانیا/هلند): شل به عنوان بخشی از استراتژی کربن‌زدایی خود، دیزل تجدیدپذیر، بیواتانول و سوخت پایدار هواپیمایی تولید می‌کند.

شرکت‌های بزرگ فرآوری کشاورزی و مواد غذایی

- Archer Daniels Midland Company (ADM) (ایالات متحده): ADM، یک رهبر جهانی در فرآوری کشاورزی، تولیدکننده برتر بیواتانول و بیودیزل از ذرت، دانه‌های روغنی و مواد اولیه ضایعاتی است.
- Valero Energy Corporation (ایالات متحده): والرو، تولیدکننده اصلی اتانول و دیزل تجدیدپذیر، چندین کارخانه ذرت-اتانول را اداره می‌کند و در حال پیشرفت به سمت سوخت پایدار هواپیمایی است.
- Cargill (ایالات متحده): کارگیل از طریق شبکه گسترده کشاورزی خود، یک تأمین‌کننده مهم مواد اولیه است و از طریق مشارکت در پالایش زیستی مشارکت دارد.
- Wilmar International (سنگاپور): این گروه کشاورزی-تجاری تولیدکننده اصلی مواد شیمیایی اولئوشیمیایی و بیودیزل از روغن پالم است.
- Cosan (برزیل): این شرکت یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های اتانول و انرژی زیستی جهان را از طریق سرمایه‌گذاری مشترک خود با رایزن (Raízen) اداره می‌کند.

شرکت‌های تخصصی زیست‌پایه

۱. POET (ایالات متحده): POET، بزرگ‌ترین تولیدکننده اتانول زیستی مبتنی بر ذرت در جهان، تأسیسات فرآوری زیستی متعددی را اداره می‌کند.
۲. Raizen (برزیل): رایزن، یک سرمایه‌گذاری مشترک بین کوسان و شل، رهبر جهانی در شکر و اتانول زیستی از

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نیشکر است.

۳. Borregaard (نروژ): این شرکت که به خاطر ارزش‌گذاری لیگنین شناخته می‌شود، در تبدیل زیست‌توده چوب به بیوپلیمرهای پیشرفته تخصص دارد.

۴. Clariant (سوئیس): یک شرکت مواد شیمیایی تخصصی که فناوری‌ها و راه‌حل‌هایی برای پالایش زیستی، از جمله تبدیل پسماندهای کشاورزی به اتانول سلولزی، ارائه می‌دهد.

۵. LanzaTech (ایالات متحده): از فناوری تخمیر گاز برای تولید اتانول و سایر مواد شیمیایی از گازهای گلخانه‌ای صنعتی جمع‌آوری‌شده استفاده می‌کند.

۶. Gevo (ایالات متحده): سوخت‌های حمل‌ونقل تجدیدپذیر، از جمله سوخت پایدار هواپیمایی، را از ذرت تولید می‌کند.

۷. Green Plains (ایالات متحده): یک شرکت پالایش زیستی متمرکز بر تولید سوخت‌های زیستی کم کربن و مواد تشکیل‌دهنده با پروتئین بالا.

۸. Godavari Biorefineries (هند): یک شرکت برجسته پالایش زیستی هندی که مواد شیمیایی زیستی و اتانول از نیشکر تولید می‌کند.

۹. Enviva (ایالات متحده): تولیدکننده اصلی گلوله‌های چوبی مورد استفاده برای انرژی زیستی.

شرکت‌های فناوری و مهندسی

۱. Honeywell UOP (ایالات متحده): فناوری‌های پیشرفته فرآیند و کاتالیزورها را برای تولید سوخت‌های تجدیدپذیر ارائه می‌دهد.

۲. Valmet (فنلاند): تجهیزات و فناوری‌های اتوماسیون را برای صنایع خمیر کاغذ، کاغذ و انرژی، از جمله عملیات پالایش زیستی، تأمین می‌کند.

۳. Novozymes (دانمارک): یک بازیگر کلیدی در آنزیم‌های صنعتی که آنزیم‌هایی را برای تبدیل زیست‌توده به سوخت‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی توسعه داده و تأمین می‌کند.

۲-۴-۴- مواد شیمیایی زیست پایه

مواد شیمیایی زیست پایه[1]، پلتفرم مواد شیمیایی[2] و اقتصاد زیستی چرخشی[3] مفاهیم به هم پیوسته‌ای هستند که برای گذار از اقتصاد مبتنی بر سوخت فسیلی به سمت آینده‌ای پایدار و با منابع کارآمد، حیاتی هستند.

مفاهیم مواد شیمیایی زیستی، مواد شیمیایی پلتفرم و اقتصاد زیستی چرخشی ذاتاً به هم مرتبط هستند و پایه و اساس آینده‌ای پایدار و با منابع کارآمد را تشکیل می‌دهند. این مفاهیم در کنار هم، نشان‌دهنده‌ی تغییر به سمت استفاده از منابع زیستی تجدیدپذیر، به حداقل رساندن ضایعات و به حداکثر رساندن ارزش حاصل از زیست‌توده هستند، در حالی که وابستگی ما به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهند.

---

[1] Biobased chemicals

[2] Platform chemicals

[3] Circular bioeconomy

https://heiatelmi.ir

مواد شیمیایی زیستی که از منابع تجدیدپذیر مانند گیاهان، پسماندهای کشاورزی و زیست‌توده‌های زائد مشتق شده‌اند، نقش مهمی در این تحول ایفا می‌کنند. این مواد شیمیایی که شامل سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی هستند، جایگزین پایدارتری برای محصولات مشتق شده از فسیل ارائه می‌دهند. اهمیت مواد شیمیایی زیستی در توانایی آنها در کاهش قابل توجه ردپای کربن فرآیندهای صنعتی با جایگزینی محصولات پتروشیمی با جایگزین‌های تجدیدپذیر نهفته است. این تغییر نه تنها با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به کاهش تغییرات اقلیمی کمک می‌کند، بلکه یک صنعت شیمیایی پایدارتر را نیز ترویج می‌دهد که می‌تواند ضایعات و آلودگی محیط زیست را کاهش دهد. مواد شیمیایی پایه زیستی، مانند اسید لاکتیک، گلیسرول و بیواتانول، در صنایع مختلفی از جمله کشاورزی، مواد غذایی، نساجی، داروسازی و انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نتیجه راه‌حل‌های متنوع و مقیاس‌پذیری را برای جایگزینی مواد پایه نفتی ارائه می‌دهند.

در قلب فرآیندهای پالایش زیستی، مواد شیمیایی پلتفرم قرار دارند که واسطه‌های کلیدی مشتق شده از مواد اولیه تجدیدپذیر هستند که می‌توانند بیشتر به طیف وسیعی از محصولات با ارزش افزوده تبدیل شوند. این مواد شیمیایی پلتفرم به عنوان بلوک‌های سازنده متنوع برای مواد بیوشیمیایی، سوخت‌های زیستی و مواد عمل می‌کنند و آنها را به عنصر اصلی در گذار به اقتصاد چرخشی تبدیل می‌کنند. اهمیت آنها در توانایی تبدیل آنها به انواع محصولات نهایی در صنایع مختلف است که امکان‌سنجی اقتصادی پالایش زیستی را افزایش داده و استفاده کارآمد از منابع زیست توده را تسهیل می‌کند. نمونه‌هایی از مواد شیمیایی پلتفرم شامل اسید سوکسینیک، فورفورال و اسید لوولینیک است که می‌توانند به پلاستیک‌های زیستی، سوخت‌های زیستی، حلال‌ها و سایر مواد شیمیایی صنعتی تبدیل شوند. این تطبیق‌پذیری نه تنها ارزش زیست‌توده تجدیدپذیر را به حداکثر می‌رساند، بلکه نیاز به ورودی‌های شیمیایی اضافی را نیز کاهش می‌دهد و فرآیند تولید یکپارچه‌تر و کارآمدتری را ایجاد می‌کند.

مفهوم اقتصاد زیستی چرخشی چارچوبی را فراهم می‌کند که در آن مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرمی عمل می‌کنند. این مدل بر استفاده پایدار از منابع زیستی با کاهش ضایعات، استفاده مجدد از مواد و بازسازی منابع از طریق فرآیندهای چرخشی تأکید دارد. با گنجاندن مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرمی در این مدل، صنایع می‌توانند از سیستم‌های تولید خطی - که در آن مواد اولیه استخراج، استفاده و دور ریخته می‌شوند - به سیستم‌هایی که بر به حداکثر رساندن چرخه عمر منابع تمرکز دارند، تغییر جهت دهند. در اقتصاد زیستی چرخشی، ضایعات یک فرآیند به یک ماده اولیه ارزشمند برای فرآیند دیگر تبدیل می‌شود و یک سیستم حلقه بسته ایجاد می‌کند که تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند و بهره‌وری منابع را به حداکثر می‌رساند.

رابطه بین این مفاهیم در پرورش آینده‌ای واقعاً پایدار بسیار مهم است. مواد شیمیایی زیستی از مواد شیمیایی پلتفرمی ساخته می‌شوند و هر دو در اقتصاد زیستی چرخشی نقش اساسی دارند. با تولید مواد شیمیایی زیستی از مواد شیمیایی پلتفرمی، صنایع می‌توانند تأثیرات زیست‌محیطی تولید مواد شیمیایی را کاهش دهند، مصرف انرژی را کاهش دهند و وابستگی به منابع فسیلی را کاهش دهند. این رویکرد یکپارچه، کلید دستیابی به اهداف پایداری است، زیرا تضمین می‌کند که زیست‌توده به طور کارآمد، با حداقل ضایعات و حداکثر ارزش استفاده شود. اقتصاد زیستی چرخشی، به نوبه خود، با تشویق بازیافت، استفاده مجدد و نوآوری بیشتر در تولید مبتنی بر زیست‌توده، از توسعه و پذیرش پیوسته مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم پشتیبانی می‌کند.

این ارتباط متقابل، تغییر به سمت مواد شیمیایی زیستی، مواد شیمیایی پلتفرم و اقتصاد زیستی چرخشی را نه تنها یک گذار

وب سایت هیات علمی

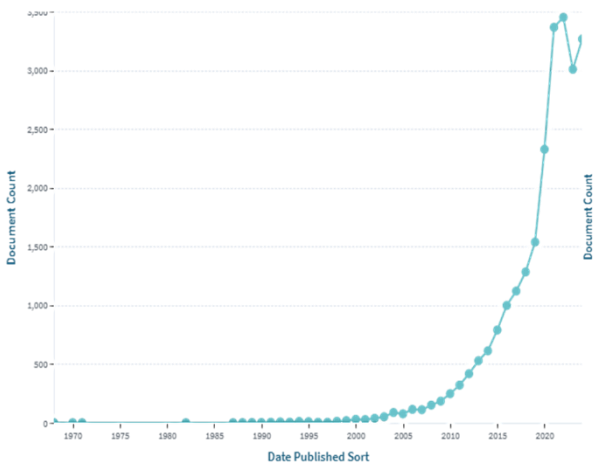
صنعتی، بلکه یک تکامل ضروری در نحوه رویکرد جوامع به استفاده از منابع می‌کند. پذیرش گسترده این مفاهیم می‌تواند به جهانی منجر شود که در آن ضایعات به حداقل می‌رسد، منابع بازیافت می‌شوند و صنایع می‌توانند به شیوه‌ای پایدارتر و چرخشی رشد کنند. این یک مدل جامع است که رشد اقتصادی را با نظارت بر محیط زیست همسو می‌کند و طرحی برای آینده‌ای ارائه می‌دهد که در آن تأثیر فعالیت‌های صنعتی بر روی کره زمین به حداقل می‌رسد و منابع تجدیدپذیر تا حد امکان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نهایت، رابطه بین مواد شیمیایی زیستی، مواد شیمیایی پلتفرم و اقتصاد زیستی چرخشی، کلید توسعه یک اقتصاد پایدار و مقاوم است که قادر به مقابله با چالش‌های جهانی کاهش منابع، تغییرات اقلیمی و تخریب محیط زیست است.

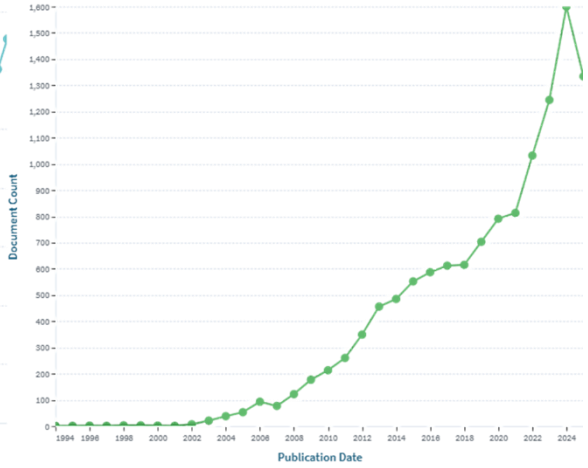
بازارهای جهانی مواد شیمیایی زیستی، مواد شیمیایی پلتفرم و اقتصاد زیستی چرخشی رشد قابل توجهی را تجربه می‌کنند که ناشی از افزایش تقاضا برای جایگزین‌های پایدار و تجدیدپذیر برای محصولات سنتی مبتنی بر فسیل است. نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) پیش‌بینی‌شده برای این بخش‌ها در زیر آمده است:

مواد شیمیایی زیستت پایه دارای CAGR تقریباً ۹.۶٪ از سال ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۲ بوده و انتظار می‌رود از ۹۹.۸۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۴ به ۲۰۷.۹۵ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۲ افزایش یابد. این رشد به افزایش استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر در تولید مواد شیمیایی، ناشی از مقررات زیست‌محیطی و تقاضای مصرف‌کننده برای محصولات پایدار نسبت داده می‌شود[۹۷].

مواد شیمیایی پلتفرم که CAGR آن، به بخش و منطقه خاص بازار، از ۵.۸٪ تا ۱۳.۱٪ متغیر است. بر اساس گزارش‌های مختلفت اندازه بازار آن تا سال ۲۰۳۲ به ۲۴.۸ - ۵۵.۸۶ میلیارد دلار آمریکا برسد. مواد شیمیایی پلتفرم به عنوان واسطه‌های متنوع در تولید طیف وسیعی از محصولات نهایی، از جمله سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و داروها، به رشد قوی بازار آنها کمک می‌کنند[۹۸].

اقتصاد زیستی چرخشی با CAGR تقریباً ۱۳.۲٪ از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴ و اندازه بازار از ۶۳۸.۵۷ میلیارد دلار آمریکا در سال ۲۰۲۴ به ۲۲۰۴.۳۹ میلیارد دلار آمریکا تا سال ۲۰۳۴ افزایش یابد. اقتصاد زیستی چرخشی بر استفاده پایدار از منابع زیستی از طریق بازیافت، استفاده مجدد و بازسازی تأکید دارد و با اهداف پایداری جهانی همسو بوده و گسترش قابل توجهی در بازار ایجاد می‌کند[۹۹].

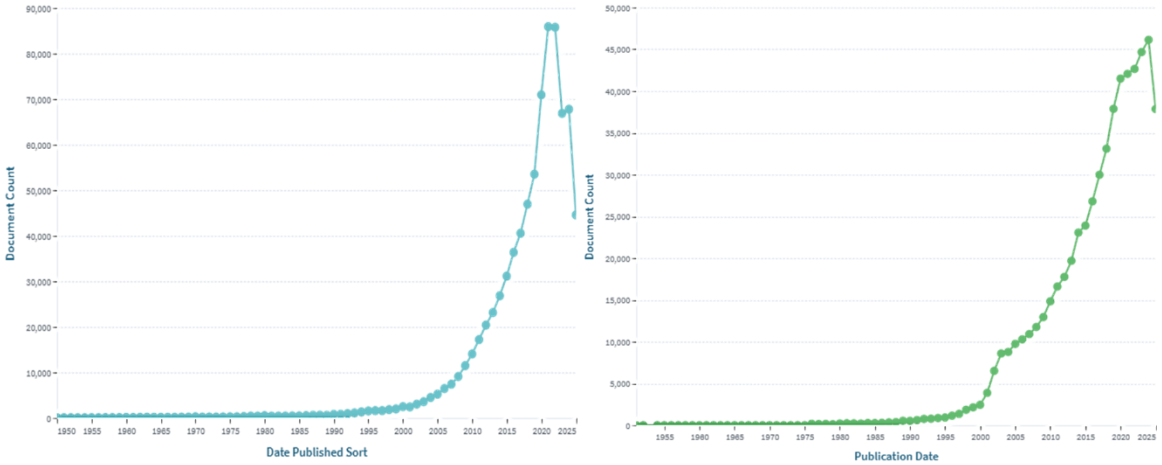




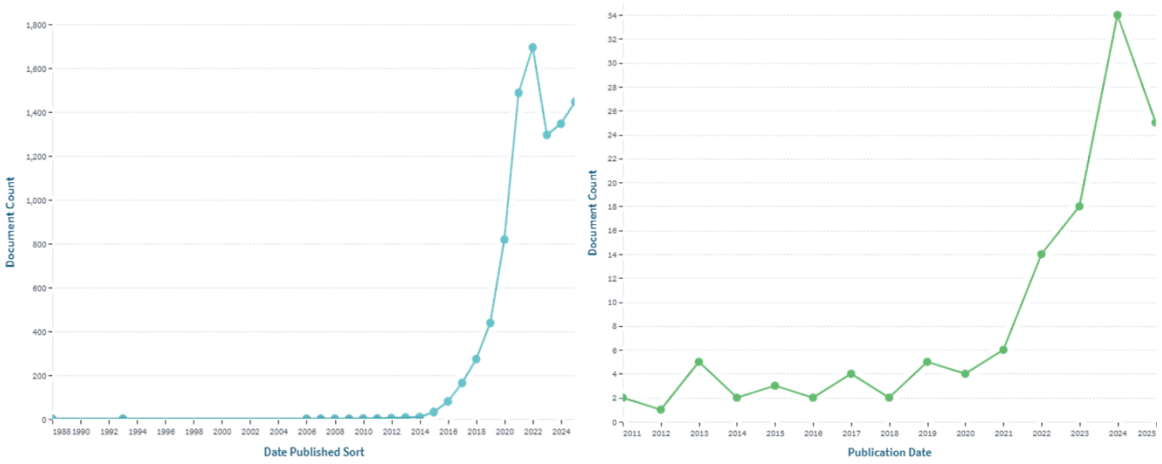
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۳۵-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای مواد شیمیایی زیست پایه



شکل (۳۶-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای مواد شیمیایی پلت فرم



شکل (۳۷-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای اقتصاد زیستی چرخشی

بازار جهانی مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم با توجه به گرایش صنایع به سمت روش‌های تولید پایدار، به سرعت در حال رشد است. چندین بازیگر کلیدی در سراسر جهان با توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌هایی که مواد اولیه تجدیدپذیر را به مواد شیمیایی، سوخت‌ها و مواد اولیه تبدیل می‌کنند، این گذار را رهبری می‌کنند. در اینجا برخی از بازیگران اصلی در بخش‌های مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم آورده شده است:

بازیگران اصلی در این حوزه به شرح زیر هستند:

BASF (آلمان)

BASF یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های شیمیایی در جهان است و تمرکز قابل توجهی بر تولید مواد شیمیایی پایدار، از جمله مواد شیمیایی زیستی دارد. این شرکت از طریق مشارکت با شرکت‌های زیست‌فناوری و ابتکارات نوآوری خود، در توسعه محصولات زیستی مشارکت دارد. BASF انواع مواد شیمیایی زیستی، از جمله پلاستیک‌های زیستی، سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی ویژه را تولید می‌کند و در توسعه فرآیندهای پایدارتر برای تولید مواد شیمیایی سنتی با استفاده از منابع تجدیدپذیر پیشرو است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محصولات/فناوری‌های کلیدی: پلاستیک‌های زیستی (به عنوان مثال، ecovio)، سورفکتانت‌های زیستی و مواد اولیه زیستی برای رنگ‌ها و پوشش‌ها.

DuPont (ایالات متحده آمریکا)

DuPont یک رهبر جهانی در علم و فناوری است و تمرکز آن بر پایداری منجر به نوآوری در مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم شده است. DuPont محصولاتی مشتق شده از منابع تجدیدپذیر، مانند مواد زیستی برای استفاده در نساجی، بسته‌بندی و سوخت‌های زیستی، توسعه داده است. این شرکت همچنین بر پیشبرد تبدیل زیست‌توده به مواد شیمیایی پلتفرم برای صنایع مختلف متمرکز است.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: پلیمرهای زیستی (به عنوان مثال،Sorona)، سوخت‌های زیستی، مواد بیوشیمیایی و واسطه‌های زیستی.

Novozyme (دانمارک)

Novozyme پیشرو در بیوتکنولوژی صنعتی و آنزیم‌ها است و حضور پررنگی در بخش مواد شیمیایی زیستی دارد. این شرکت آنزیم‌هایی را توسعه می‌دهد که نقش مهمی در تولید مواد شیمیایی زیستی دارند، از جمله آنزیم‌هایی که به تجزیه زیست‌توده به قندها و سایر مواد اولیه برای تولید مواد شیمیایی کمک می‌کنند. نوآوری‌های Novozyme در آنزیم‌ها به طور گسترده در تولید سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و سایر مواد شیمیایی زیستی استفاده می‌شود.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: آنزیم‌های تولید سوخت‌های زیستی، سورفکتانت‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی مشتق شده از منابع تجدیدپذیر.

UPM-Kymmene (فنلاند)

UPM به ویژه از طریق بخش‌های سوخت‌های زیستی UPM و مواد شیمیایی تخصصی UPM، بازیگر مهمی در بازارهای مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم است. این شرکت از زیست‌توده مبتنی بر چوب برای تولید انواع مواد بیوشیمیایی، مانند دیزل تجدیدپذیر، استفاده می‌کند و در توسعه طیف وسیعی از محصولات زیستی دیگر، از جمله مواد بیوشیمیایی و بیوپلاستیک‌ها، مشارکت دارد.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: بیودیزل، مواد بیوشیمیایی مبتنی بر چوب و مواد بیوشیمیایی تخصصی مانند رزین‌ها و چسب‌های زیستی.

DSM (هلند)

DSM یک رهبر جهانی در نوآوری‌های مبتنی بر پایداری، به ویژه در زمینه مواد شیمیایی زیستی است. این شرکت طیف گسترده‌ای از محصولات زیستی، از سوخت‌های زیستی گرفته تا بیوپلاستیک‌ها را با استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر تولید می‌کند. DSM همچنین بر تبدیل مواد شیمیایی پلتفرم به محصولات با ارزش بالاتر، مانند واسطه‌های زیستی و مواد شیمیایی تخصصی، متمرکز است.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: بیوپلاستیک‌ها (به عنوان مثال، EcoPaXX)، مواد شیمیایی زیستی برای صنایع غذایی و دارویی و راه‌حل‌های انرژی تجدیدپذیر.

Covestro (آلمان)

Covestro یکی از بازیگران اصلی در بازار مواد شیمیایی زیستی، به ویژه در تولید مواد شیمیایی و مواد پایدار از منابع

https://heiatelmi.ir

تجدیدپذیر است. این شرکت در توسعه بیوپلاستیک‌ها و بلوک‌های سازنده زیستی برای صنایع مختلف، از جمله خودرو، ساخت و ساز و الکترونیک، سرمایه‌گذاری کرده است.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: بیوپلاستیک‌ها، پلی کربنات‌های تجدیدپذیر و مواد شیمیایی زیستی برای پوشش‌ها، چسب‌ها و پلاستیک‌ها.

LyondellBasell (هلند/آمریکا)

LyondellBasell یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان پلاستیک و مواد شیمیایی در جهان است. این شرکت پیشرفت‌های چشمگیری در تولید مواد شیمیایی زیست پایه، با تمرکز بر مواد شیمیایی پلتفرم مشتق شده از مواد اولیه تجدیدپذیر داشته است. LyondellBasell به ویژه در تولید پلی اتیلن و پلی پروپیلن زیستی فعال است.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: پلی اتیلن زیستی، پلی پروپیلن زیستی و پلاستیک‌های زیستی مورد استفاده در بسته‌بندی و کالاهای مصرفی.

BioAmber (کانادا)

BioAmber نقشی کلیدی در تولید اسید سوکسینیک زیستی دارد، یک ماده شیمیایی پلتفرم که به عنوان یک بلوک سازنده برای طیف وسیعی از کاربردها، از جمله پلاستیک، افزودنی‌های غذایی و داروها عمل می‌کند. این شرکت از مواد اولیه تجدیدپذیر مانند گلوکز و زیست توده برای تولید این ماده شیمیایی مهم استفاده می‌کند.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: اسید سوکسینیک زیستی، که در پلاستیک‌های زیستی، پلیمرهای زیست تخریب پذیر و مواد شیمیایی تخصصی استفاده می‌شود. مشارکت‌های عمده: با تولیدکنندگان عمده مواد شیمیایی برای افزایش تولید و کاربرد اسید سوکسینیک زیستی همکاری می‌کند.

Mitsubishi Chemical Corporation (ژاپن)

شرکت Mitsubishi Chemical Corporation یکی از بازیگران اصلی در تولید مواد شیمیایی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم در آسیا است. این شرکت سرمایه‌گذاری‌های زیادی در راه‌حل‌های پایدار، از جمله توسعه پلاستیک‌های زیستی و سوخت‌های زیستی انجام داده و بر کاهش اثرات زیست‌محیطی عملیات خود متمرکز است.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: پلاستیک‌های زیستی، مواد زیستی برای صنایع خودرو و بسته‌بندی و مواد شیمیایی زیستی.

مشارکت‌های عمده: با شرکت‌هایی در صنایع خودرو، بسته‌بندی و الکترونیک برای توسعه و تجاری‌سازی مواد شیمیایی و زیستی همکاری می‌کند.

LanzaTech (ایالات متحده آمریکا)

LanzaTech یک شرکت نوآور در زمینه جذب و استفاده از کربن (CCU) است که گازهای زائد غنی از کربن را به سوخت‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی ارزشمند تبدیل می‌کند. این شرکت از فناوری تخمیر گازی اختصاصی خود برای تولید مواد شیمیایی پلتفرم مانند اتانول و اسید استیک، مشتق شده از انتشار کربن زباله، استفاده می‌کند.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: بیواتانول، اسید استیک و سایر مواد بیوشیمیایی تولید شده از طریق تخمیر گازی گازهای زباله.

Clariant (سوئیس)

Clariant پیشرو در مواد شیمیایی تخصصی است و حضور فزاینده‌ای در بازار مواد شیمیایی زیستی دارد. این شرکت بر توسعه فرآیندهای پایدار برای تولید مواد بیوشیمیایی، به ویژه در زمینه سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم مشتق شده از

وب سایت هیات علمی

خوراک‌های تجدیدپذیر تمرکز دارد.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: سورفکتانت‌های زیستی، سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی مشتق شده از زیست‌توده تجدیدپذیر.

Green Plains (ایالات متحده آمریکا)

Green Plains تولیدکننده مهم اتانول و سایر سوخت‌های زیستی در ایالات متحده است. این شرکت چندین پالایشگاه زیستی را اداره می‌کند و در توسعه مواد شیمیایی زیستی اضافی، از جمله محصولات زیستی تخصصی مشتق شده از تولید اتانول، مشارکت دارد.

محصولات/فناوری‌های کلیدی: بیواتانول، بیوگاز و سایر سوخت‌های زیستی.

شرکت‌های متعددی در صنایع مختلف از مواد شیمیایی پلتفرم زیستی برای توسعه محصولات پایدارتر استفاده می‌کنند. تولیدکنندگان مواد شیمیایی، فرآوری‌کنندگان کشاورزی و شرکت‌های تخصصی بیوتکنولوژی همگی در تولید این بلوک‌های سازنده ضروری مشارکت دارند. به عنوان مثال شرکت‌هایی که از اسید لاکتیک زیستی استفاده می‌کنند به شرح زیر هستند:

- Corbion یک رهبر جهانی در مواد زیست پایه و تولیدکننده اصلی اسید لاکتیک و مشتقات آن برای بخش‌های غذایی، دارویی و صنعتی است.
- NatureWorks: تولیدکننده پیشرو پلی‌لاکتیک اسید (PLA)، یک بیوپلاستیک مورد استفاده در بسته‌بندی و الیاف. این شرکت در ابتدا یک سرمایه‌گذاری مشترک بین Cargill و Dow Chemical بود.
- Henan Jindan Lactic Acid Technology : این شرکت، بزرگ‌ترین تولید کننده اسید لاکتیک در چین با تمرکز بر فرآیندهای مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط زیست است.

شرکت‌هایی که از سوکسینیک اسید پایه زیستی استفاده می‌کنند به شرح زیر هستند. بیو-سوکسینیک اسید یک بلوک سازنده برای تولید بیوپلاستیک‌ها، رزین‌ها و حلال‌ها است.

- Reverdia : تولیدکننده بیو-سوکسینیک اسید با خلوص بالا، که قبلاً یک سرمایه‌گذاری مشترک بین DSM و Roquette بود.
- BASF: این غول شیمیایی آلمانی از بیو-سوکسینیک اسید به عنوان بخشی از ابتکارات شیمی سبز خود استفاده می‌کند.
- Mitsubishi Chemical: این گروه مواد ژاپنی از سوکسینیک اسید برای توسعه پلیمر زیست‌تخریب‌پذیر مشتق‌شده از گیاه خود، BioPBS، استفاده کرده است.

شرکت‌هایی که از بوتان دی ال پایه زیستی (BDO) استفاده می‌کنند به شرح زیر هستند. بیو-BDO پیش‌ساز بسیاری از مواد شیمیایی صنعتی، از جمله پلی‌اورتان‌ها، پلی‌استرها و حلال‌ها است.

- Genomatica: یک شرکت نوآور کلیدی در فناوری bio-BDO، که فرآیند تخمیر اختصاصی خود را به سایر تولیدکنندگان واگذار می‌کند.
- Cargill: این شرکت کشاورزی شریک Genomatica است و در حال ساخت یک کارخانه تولید bio-BDO در مقیاس بزرگ است.
- Novamont: این شرکت ایتالیایی از bio-BDO برای تولید خانواده پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر خود، معروف به

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

Mater-Bi، استفاده می‌کند.

شرکت‌هایی که از فورانیک‌های زیستی (FDCA و HMF-۵) استفاده می‌کنند به شرح زیر هستند. مواد شیمیایی پلتفرم مانند اسید فوران‌دی‌کربوکسیلیک (FDCA) و ۵-هیدروکسی‌متیل‌فورفورال (HMF-۵) برای تولید بیوپلاستیک‌های پیشرفته استفاده می‌شوند.

Avantium: این شرکت هلندی در فناوری تولید FDCA و پلی‌اتیلن فورانوات (PEF)، یک بیوپلاستیک با خواص مانع برتر، تخصص دارد.

Coca-Cola و Danone: این شرکت‌های نوشیدنی در حال بررسی استفاده از PEF برای بسته‌بندی خود هستند.

Michelin: این تولیدکننده تایر، یک فرآیند زیست‌تخریب‌پذیر برای HMF-۵ توسعه داده است که می‌تواند در چسب‌ها و پلیمرها استفاده شود.

شرکت‌های بزرگ و متنوع در دنیا، از مقیاس و منابع خوراک موجود خود برای ورود به حوزه مواد شیمیایی پلتفرم مبتنی بر زیست‌بوم استفاده می‌کنند. برخی از این شرکت‌ها به شرح زیر هستند:

Archer Daniels Midland (ADM): شرکت ADM یک شرکت بزرگ فرآوری محصولات کشاورزی، سرمایه‌گذاری‌های سنگینی در محصولات زیستی، از جمله مواد شیمیایی پلتفرم، انجام داده است.

Cargill: این شرکت به عنوان یک شرکت پیشرو در محصولات کشاورزی، خوراک‌های کلیدی را تأمین می‌کند و در فناوری‌های پالایش زیستی سرمایه‌گذاری می‌کند.

BASF و DuPont: به عنوان شرکت‌های بزرگ شیمیایی، آنها مواد شیمیایی پلتفرم مبتنی بر زیست‌بوم را در سبد محصولات گسترده‌تر خود قرار می‌دهند که ناشی از افزایش تقاضا برای مواد پایدار است.

۳-۴-۴- انرژی زیستی

در زمینه انرژی زیستی، توسعه سوخت‌های زیستی پیشرفته توجه زیادی را به خود جلب کرده است که ناشی از نیاز به منابع انرژی پایدار و تجدیدپذیر است. سوزاندن مواد آلی برداشت شده (زیست توده) بخش عمده‌ای از نیازهای انرژی بشر را برای هزاران سال تأمین می‌کرد. استفاده از چنین سوخت‌هایی همچنان منبع اصلی انرژی برای بسیاری از مردم در اقتصادهای در حال توسعه و نوظهور است، اما چنین "استفاده سنتی" از زیست توده اغلب ناپایدار است و احتراق ناکارآمد منجر به انتشار گازهای مضر با پیامدهای جدی برای سلامتی می‌شود. فناوری‌های مدرن می‌توانند این ماده آلی را به اشکال جامد، مایع و گازی تبدیل کنند که می‌توانند نیازهای انرژی را به طور مؤثرتری تأمین کرده و جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند. طیف گسترده‌ای از مواد اولیه زیست توده را می‌توان به عنوان منابع انرژی زیستی استفاده کرد. این موارد عبارتند از: زباله‌های آلی مرطوب، مانند لجن فاضلاب، فضولات حیوانی و پساب‌های مایع آلی، و بخش آلی زباله‌های جامد شهری (MSW)؛ باقیمانده‌ها و محصولات جانبی از صنایع کشاورزی و صنعت چوب؛ محصولاتی که برای تولید انرژی کشت می‌شوند، از جمله محصولات غذایی مانند ذرت، گندم، شکر و روغن‌های گیاهی تولید شده از نخل، کلزا و سایر مواد خام؛ و محصولات غیرخوراکی مانند گیاهان لیگنوسلولزی چند ساله (مانند علف‌هایی مانند میسکانتوس و درختانی مانند بید کوتاه‌چرخشی و اکالیپتوس) و گیاهان روغنی (مانند جاتروفا و کاملینا).

فرآیندهای زیادی برای تبدیل این مواد اولیه به محصولی که می‌تواند برای برق، گرما یا حمل و نقل استفاده شود، در دسترس

https://heiatelmi.ir

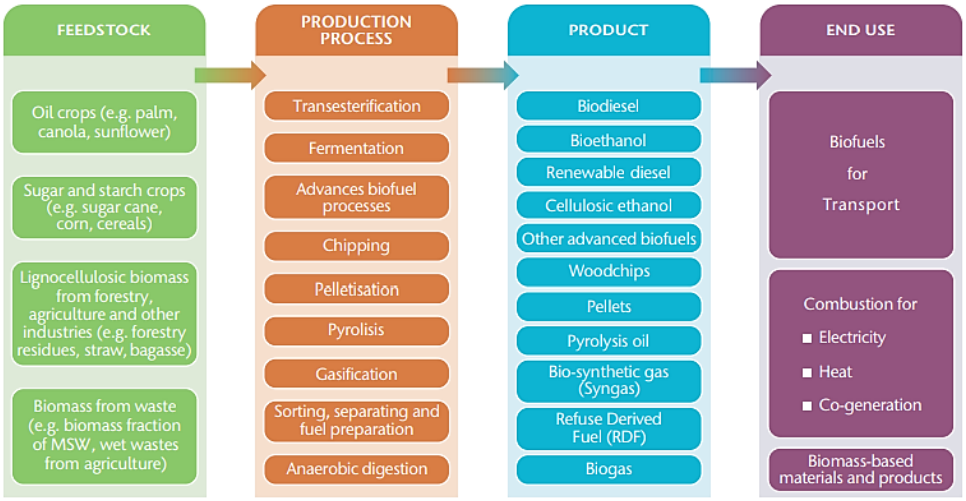
وب سایت هیات علمی

است. شکل زیر تعدادی از مسیرهای اصلی موجود برای این کاربردها را نشان می‌دهد. رایج‌ترین مسیرها تا به امروز عبارتند از:

- تولید گرما و برق از چوب، پسماندهای کشاورزی و بخش بیوژنیک زباله‌ها
- استفاده از ذرت و نیشکر برای تولید اتانول
- تبدیل کلزا، سویا و محصولات روغنی به بیودیزل.

هر یک از این مسیرهای انرژی زیستی شامل چندین مرحله است که شامل تولید زیست توده، جمع‌آوری یا برداشت، فرآوری برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی سوخت، پیش‌تیمار برای تغییر خواص شیمیایی و در نهایت تبدیل زیست توده به انرژی مفید می‌شود. تعداد این مراحل ممکن است بسته به نوع، مکان و منبع زیست‌توده و فناوری مورد استفاده برای تأمین مصرف نهایی انرژی مربوطه متفاوت باشد[۱۰۰].

Figure 1: Potential bioenergy pathways: From biomass to final energy use



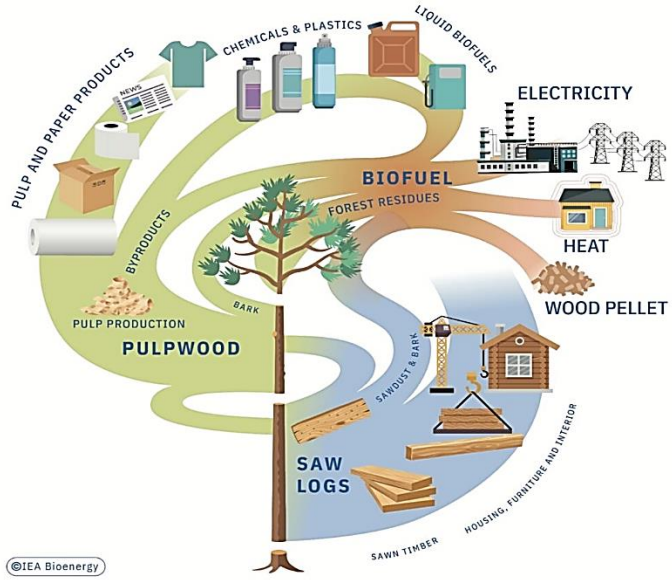
شکل (۳۸-۴) مسیرهای بالقوه انرژی زیستی: از زیست توده تا مصرف نهایی انرژی[۱۰۰]

سوخت‌های زیستی مایع[1]، یکی از اشکال اصلی انرژی زیستی و جایگزینی پایدار برای سوخت‌های فسیلی است. سوخت‌های زیستی مایع عمدتاً از مواد آلی مانند روغن‌های گیاهی، چربی‌های حیوانی و ضایعات کشاورزی تولید می‌شوند. این سوخت‌ها می‌توانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل توجهی کاهش داده و به یک سیستم انرژی پایدارتر کمک کنند. انواع رایج

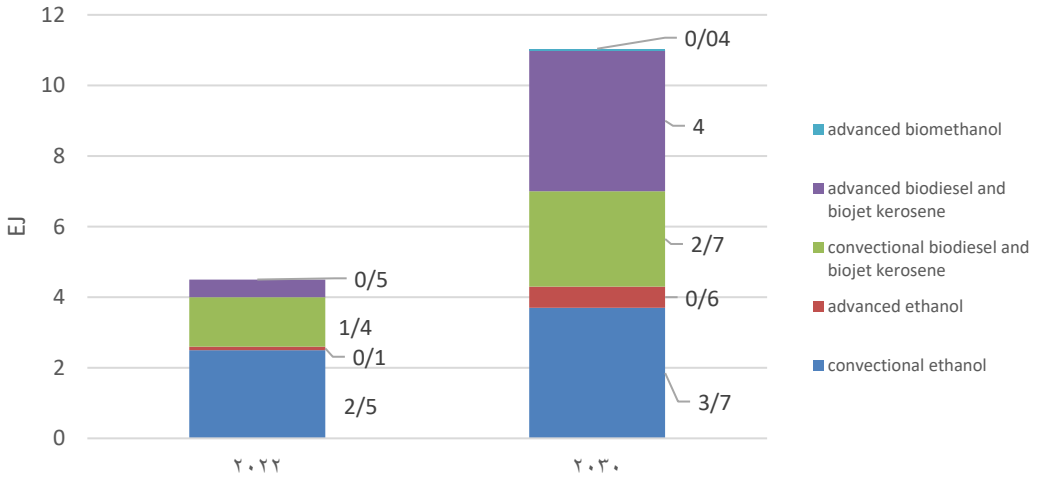
[1] Liquid Biofuel

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



سوخت‌های زیستی مایع شامل بیواتانول، دیزل تجدیدپذیر (HVO) و سوخت پایدار هوانوردی (SAF) است که همگی می‌توانند در موتورهای موجود با کمترین یا بدون تغییر استفاده شوند. این سوخت‌های زیستی را می‌توان مستقیماً در زیرساخت‌های موجود استفاده کرد و آنها را به جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی سنتی تبدیل کرد. زیرمجموعه‌ای کلیدی از سوخت‌های زیستی مایع، سوخت‌های زیستی قطره‌ای هستند که برای جایگزینی یکپارچه سوخت‌های مبتنی بر نفتبدون نیاز به تغییرات قابل توجه در موتورها یا زیرساخت‌های موجود طراحی شده‌اند. سوخت‌های زیستی قطره‌ای، راه‌حلی جذاب برای بخش‌هایی که به شدت به سوخت‌های مایع وابسته هستند، مانند هوانوردی و حمل و نقل، ارائه می‌دهند[۱۰۱].



شکل (۳۹-۴) تولید سوخت زیستی مایع با استفاده از خوراک و فناوری در سناریوی خالص صفر، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ [۱۰۲]

تکامل سوخت‌های زیستی مایع ناشی از نیاز حیاتی به کربن‌زدایی از بخش حمل و نقل است که منجر به توسعه سوخت‌های بسیار تخصصی می‌شود که به طور یکپارچه در زیرساخت‌های موجود ادغام می‌شوند. در هسته این روند، سوخت‌های زیستی قطره‌ای[1] قرار دارند که سوخت‌های هیدروکربنی هستند که از نظر شیمیایی با همتایان نفتی خود (بنزین، دیزل یا سوخت جت) یکسان هستند و می‌توانند بدون تغییر موتورها یا تدارکات سوخت مورد استفاده قرار گیرند. کلید ایجاد این سوخت‌های قطره‌ای، پردازش پیشرفته‌ای است که اکسیژن را به طور کامل از ماده اولیه روغن زیستی حذف می‌کند، مرحله‌ای که آنها را از

[1] Drop-in biofuels

https://heiatelmi.ir

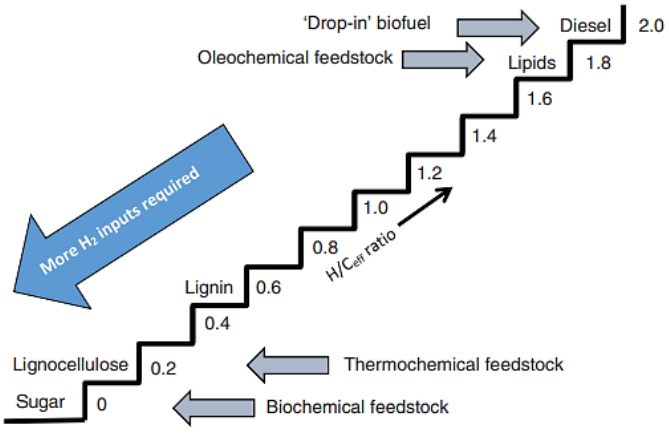
وب سایت هیات علمی

سوخت‌های زیستی نسل اول مانند بیواتانول یا بیودیزل سنتی متمایز می‌کند[۱۰۰-۱۰۷].

یک فناوری غالب در فضای Drop-in، تولید دیزل تجدیدپذیر[1] است. دیزل تجدیدپذیر نوع دیگری از سوخت‌های زیستی است که از نظر شیمیایی شبیه به دیزل نفتی است اما از منابع تجدیدپذیر مشتق می‌شود. برخلاف بیودیزل سنتی که از طریق فرآیندی به نام ترانس‌استریفیکاسیون ساخته می‌شود، دیزل تجدیدپذیر از طریق فرآیندی به نام هیدروترفیکشن تولید می‌شود که در آن هیدروژن به روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی اضافه می‌شود تا سوخت دیزل با کیفیت بالا تولید شود. این فرآیند منجر به سوختی پاک‌تر با عملکرد بهتر و انتشار کمتر از دیزل معمولی می‌شود[۱۰۰-۱۰۷].

دیزل تجدیدپذیر اغلب به عنوان روغن گیاهی تصفیه‌شده با هیدروژن[2] (HVO) نیز شناخته می‌شود زیرا با قرار دادن روغن‌های گیاهی، چربی‌های حیوانی و روغن پخت‌وپز استفاده‌شده در فرآیندی با هیدروژن فشرده به نام تصفیه هیدروژنی تولید می‌شود. HVO یک سوخت ممتاز و با عدد ستان بالا[3] است که با دیزل معمولی قابل تعویض است و می‌تواند به شکل خالص خود استفاده شود[۱۰۰-۱۰۷].

بخش هوانوردی، بخش مهمی از فناوری Drop-in را به خود اختصاص داده است، جایی که می‌توان همان فرآیند تصفیه هیدروژنی را برای تولید سوخت پایدار هوانوردی[4] (SAF) یا نفت سفید زیستی جت تنظیم کرد که یک جزء کلیدی برای گذار به net-zero در صنعت است. به دلیل کیفیت بالا و توانایی آن در برآورده کردن مشخصات دقیق، SAF اغلب از همان تأسیسات HVO که دیزل تجدیدپذیر تولید می‌کنند، سرچشمه می‌گیرد و مدل پالایشگاه زیستی انعطاف‌پذیر را به نمایش می‌گذارد. SAF نوعی سوخت زیستی است که از منابع تجدیدپذیر مانند روغن‌های گیاهی، چربی‌های زائد یا جلبک تولید می‌شود و با موتورهای جت موجود سازگار است. برخلاف سوخت‌های جت معمولی، SAF ردپای کربن کمتری دارد و به کاهش اثرات زیست‌محیطی سفرهای هوایی کمک می‌کند. سوخت‌های تجدیدپذیر (SAF) یک راه‌حل امیدوارکننده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت هوانوردی محسوب می‌شود، صنعتی که به دلیل الزامات چگالی انرژی، برقی‌سازی آن چالش‌برانگیز است[۱۰۶, ۱۰۷].



[1] Renewable Diesel

[2] Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)

[3] High-cetane

[4] Sustainable Aviation Fuel (SAF)

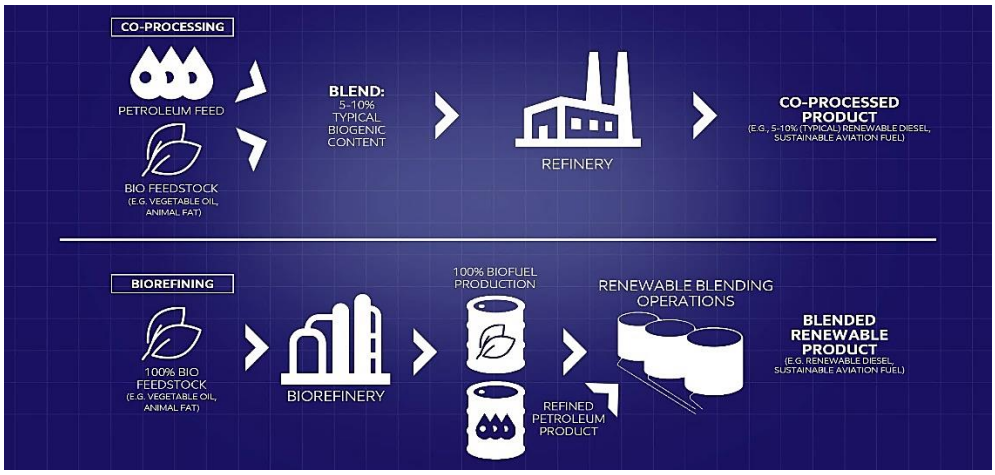
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۴۰-۴) نسبت مؤثر هیدروژن به کربن «پلکانی» برای مواد اولیه در دسته بندی سوخت‌های زیستی از بیومس[۱۰۶]

برای تسریع تولید این سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته، صنعت به طور فزاینده‌ای در حال اتخاذ استراتژی Co-Processing است، یک استراتژی کم‌هزینه و کوتاه‌مدت که در آن خوراک‌های مشتق‌شده از زیست‌توده (مانند روغن‌های زائد یا چربی‌ها) به طور همزمان در کنار بخش‌های نفت خام در واحدهای پالایشگاه نفت موجود، مانند تصفیه‌کننده‌های هیدروژنی، معرفی و ارتقا می‌یابند. Co-Processing از مقیاس صنعتی و زیرساخت‌های موجود برای تولید سوخت‌های زیستی قطره‌ای مانند دیزل تجدیدپذیر استفاده می‌کند و سرمایه‌گذاری عظیم مورد نیاز برای پالایشگاه‌های زیستی کاملاً جدید و مستقل را دور می‌زند[۱۰۶-۱۰۸].

با این حال، هدف بلندمدت این صنعت، استفاده از مواد اولیه پایدارتر و فراوان‌تر از طریق فناوری‌های سوخت زیستی نسل دوم[1] است که به‌طور خاص مواد اولیه غیرخوراکی مانند پسماندهای کشاورزی (کاه، کاه و کلش) و زیست‌توده چوبی را فرآوری می‌کنند. این مسیرهای نسل دوم که اغلب شامل فرآیندهای پیچیده‌ای مانند گازسازی یا پیرولیز و به دنبال آن ارتقاء هستند، برای افزایش تولید سوخت‌های پیشرفته قطره‌ای، به‌ویژه سوخت‌های زیستی بدون رقابت با محصولات غذایی یا ایجاد تغییر غیرمستقیم قابل توجه در کاربری زمین، بسیار مهم هستند و در نتیجه آینده انرژی زیستی مایع واقعاً پایدار را تثبیت می‌کنند.



شکل (۴۱-۴) استراتژی Co-processing و مقایسه آن با پالایشگاه زیستی [۱۰۸]

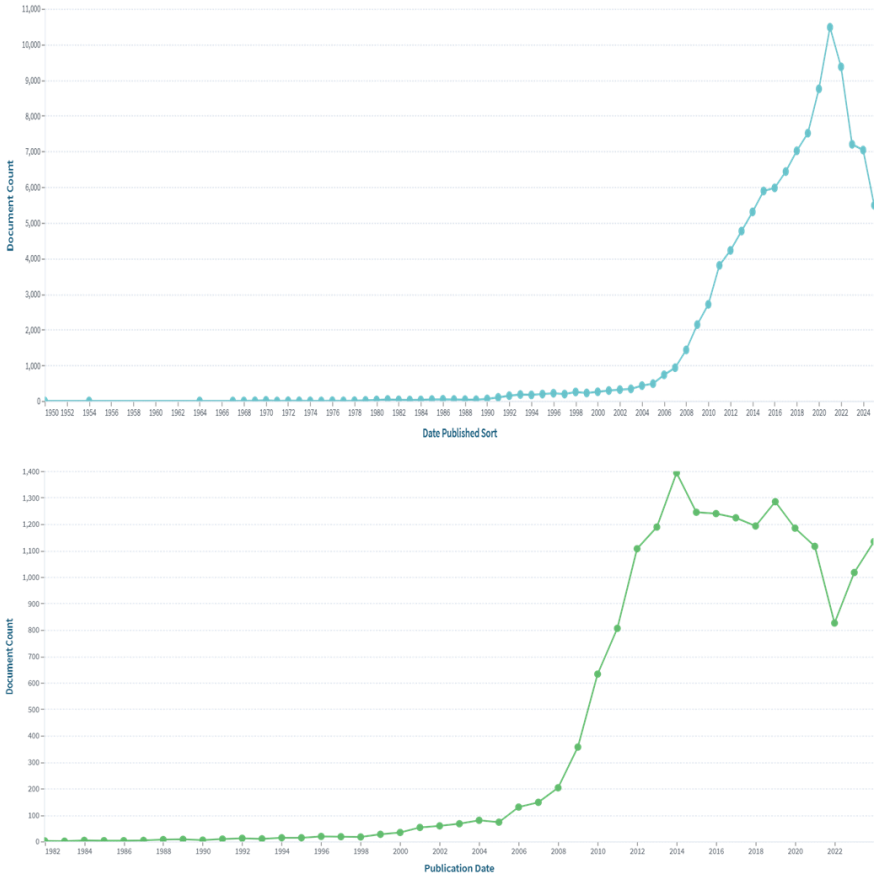
در نهایت، سوخت‌های زیستی نسل دوم، که به عنوان سوخت‌های زیستی پیشرفته نیز شناخته می‌شوند، از منابع زیست توده غیرخوراکی مانند پسماندهای کشاورزی، زباله‌های جنگلی و محصولات غیرخوراکی تولید می‌شوند. این سوخت‌های زیستی به عنوان یک پیشرفت حیاتی در بخش انرژی زیستی تلقی می‌شوند، زیرا مستقیماً با تولید مواد غذایی رقابت نمی‌کنند و می‌توانند از انواع خوراک‌های پایدار تولید شوند. سوخت‌های زیستی نسل دوم با استفاده از فناوری‌های تبدیل پیشرفته‌تر، مانند گازسازی، تخمیر یا فرآیندهای آنزیمی تولید می‌شوند و پتانسیل کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را در مقایسه با سوخت‌های زیستی نسل اول دارند. این پیشرفت‌ها در فناوری سوخت زیستی، مسیری را به سوی یک اقتصاد انرژی پایدارتر و چرخشی ارائه می‌دهند[۱۰۶, ۱۰۷].

تعداد پتنت ها و مقالات علمی در حوزه انرژی زیستی به شرح زیر است.

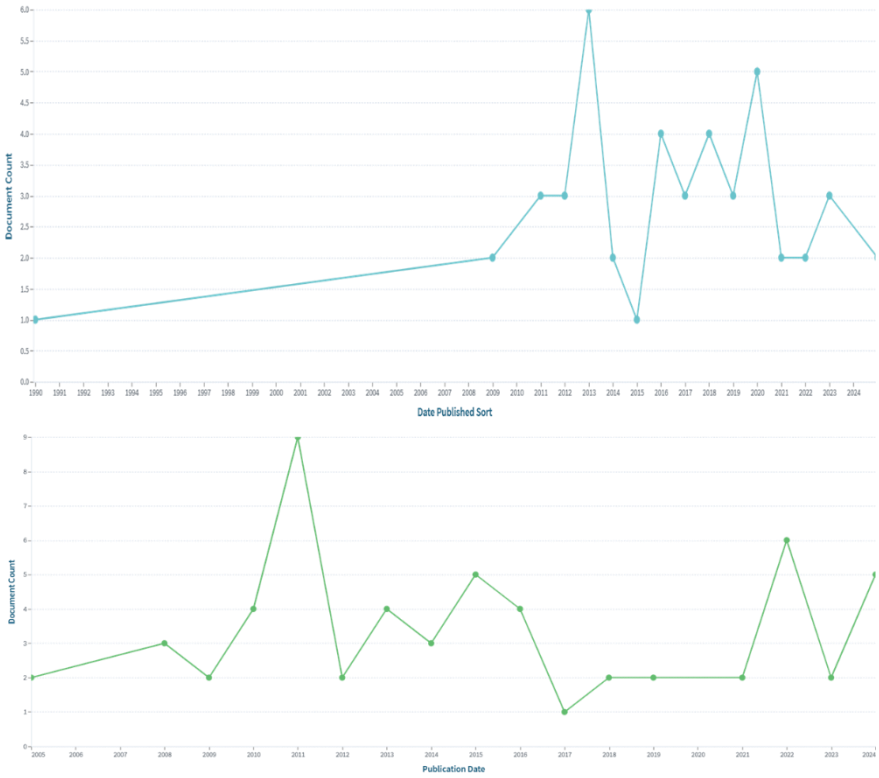
[1] Second generation bio-fuel

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



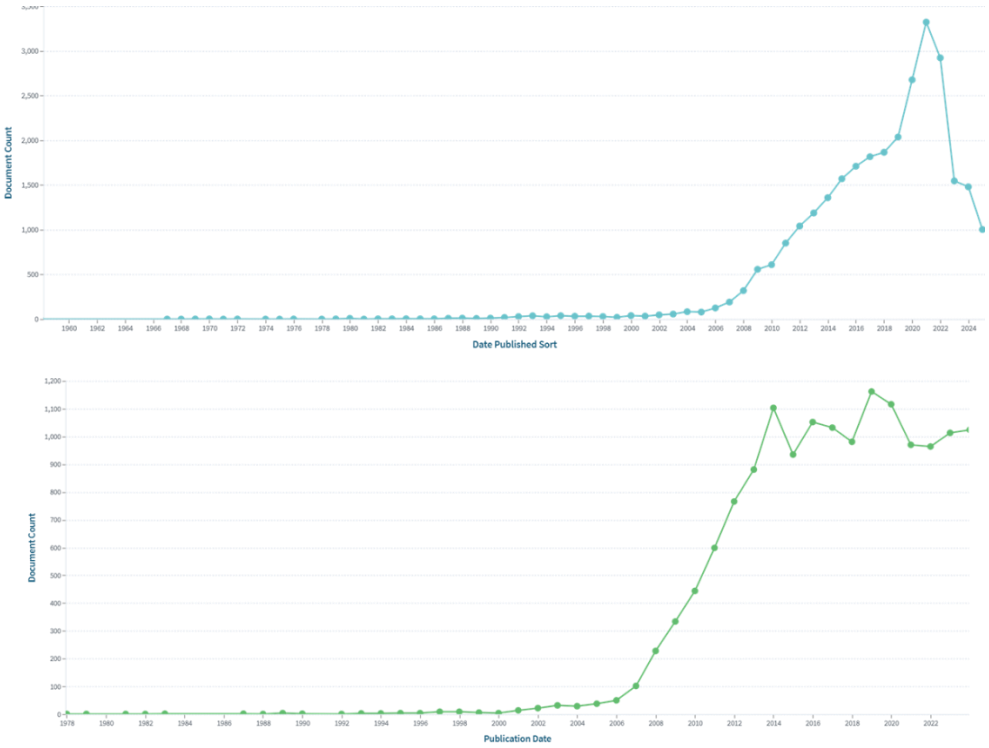
شکل (۴۲-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای انرژی زیستی



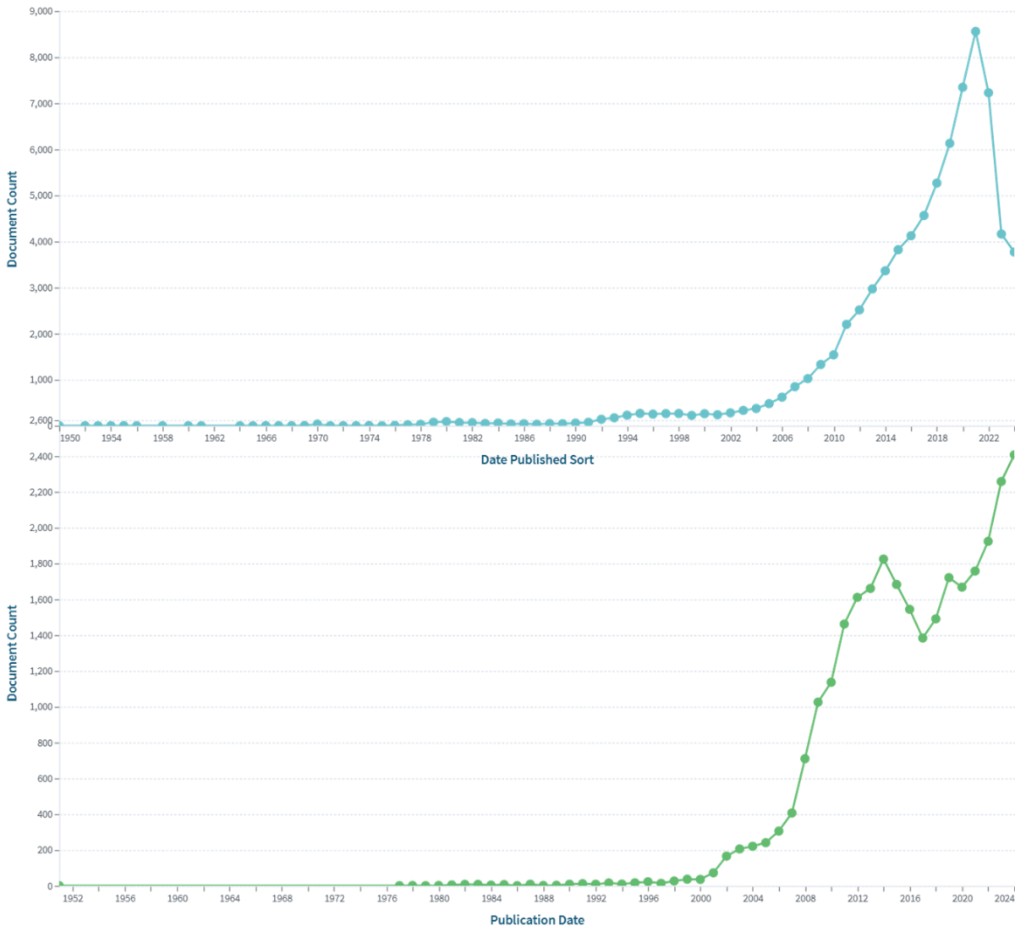
شکل (۴۳-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای سوخت زیستی مایع

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۴-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای Drop-in biofuel

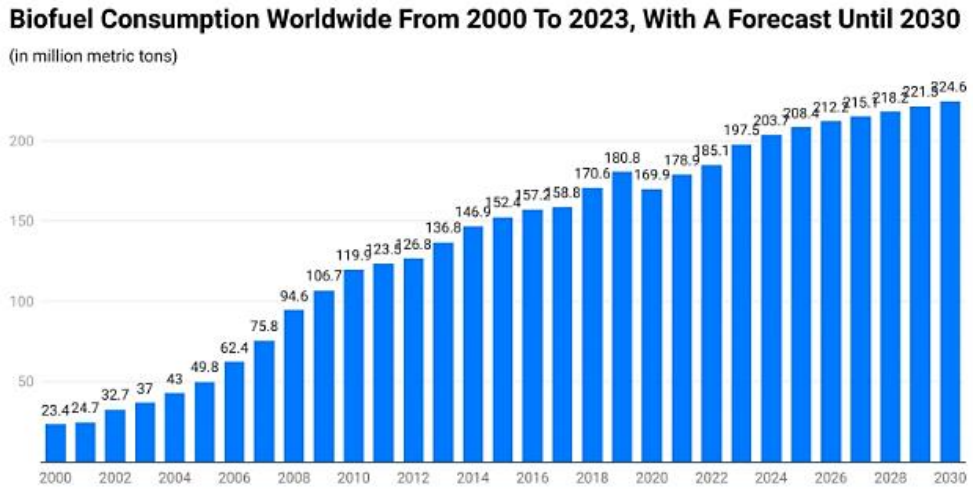


شکل (۴۵-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای بیودیزل

https://heiatelmi.ir

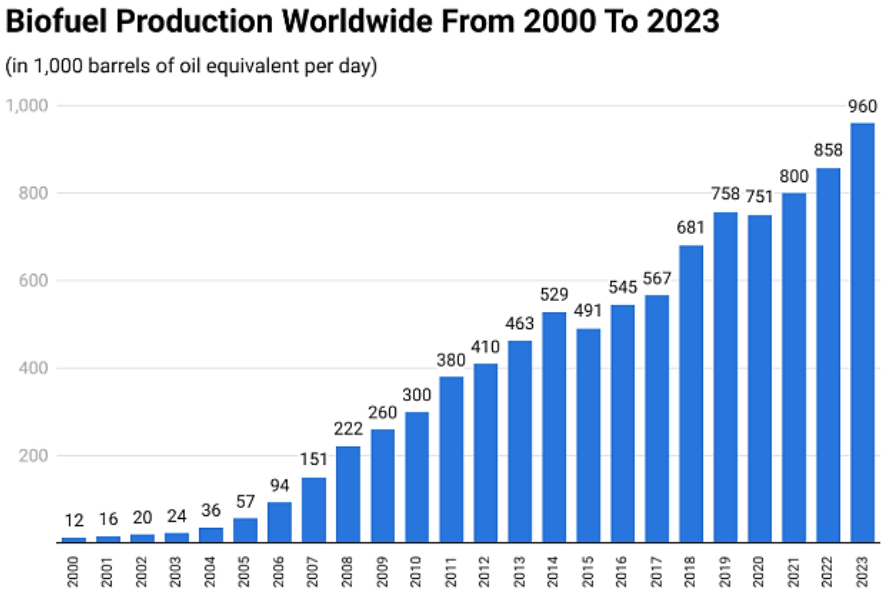
وب سایت هیات علمی

شکل زیر نشان دهنده تقاضای رو به رشد مصرف سوخت‌های زیستی در جهان تا سال ۲۰۳۰ را نمایش می‌دهد.



شکل (۴۶-۴) تخمین مصرف سوخت‌های زیستی در جهان تا سال ۲۰۳۰ [۱۰۹]

شکل زیر به خوبی روند صعودی تولید سوخت‌های زیستی در جهان را نمایش می‌دهد.

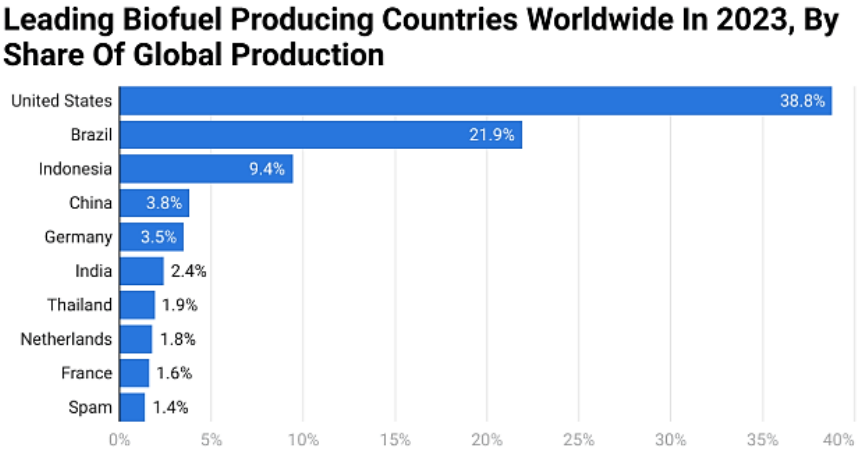


شکل (۴۷-۴) تولید سوخت‌های زیستی در جهان در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ [۱۰۹]

در سال ۲۰۲۳، آمریکا حدود ۴۰٪ از سهم تولید سوخت‌های زیستی در جهان را به خود اختصاص داده و پس از آن برزیل و اندونزی قرار دارند. این ۳ کشور حدود ۷۰٪ از کل تولید سوخت‌های مایع در جهان را دارند.

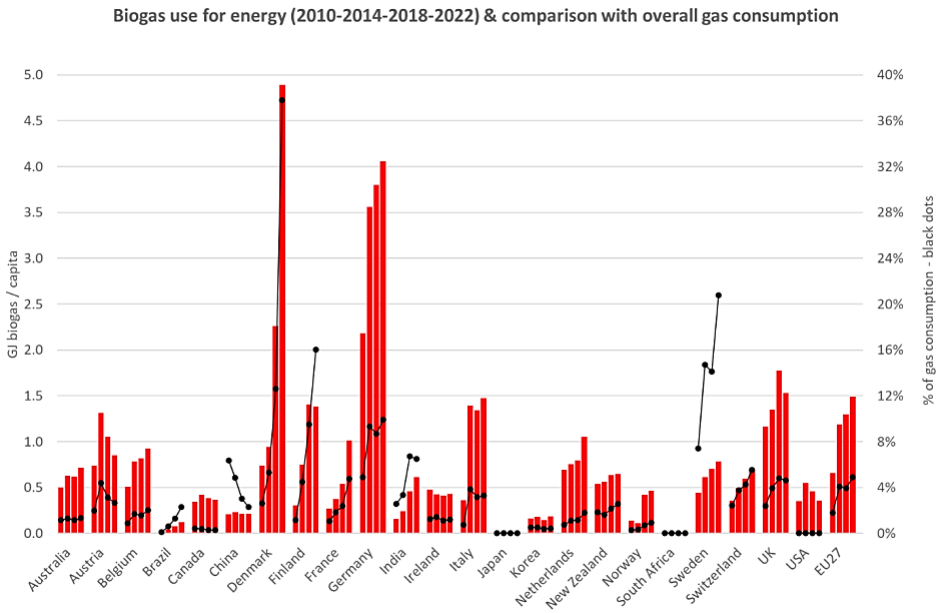
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۸-۴) کشورهای پیشرو در تولید سوخت‌های زیستی در سال ۲۰۲۳ [۱۰۹]

شکل زیر سیر تکامل مصرف سوخت‌های زیستی مایع را در کشورهای مختلف عضو آژانس بین‌المللی انرژی زیستی[1] نشان می‌دهد. پس از تثبیت سوخت‌های زیستی مایع بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ (به‌ویژه در اروپا)، سوخت‌های زیستی مایع در بسیاری از کشورها در حال افزایش است. بالاترین سطح سرانه سوخت‌های زیستی مایع (بیش از ۳ گیگاژول سرانه) در سوئد، ایالات متحده آمریکا، فنلاند و برزیل به دست آمده است. این موضوع عمدتاً مربوط به حمل‌ونقل است[۱۰۵].



شکل (۴۹-۴) تکامل استفاده از بیوگاز برای انرژی در کشورهای عضو انرژی زیستی IEA و مقایسه آن با مصرف کلی گاز (گاز طبیعی و بیوگاز/بیومتان) (منبع داده‌ها: IEA (۲۰۲۴) تعادل انرژی جهانی و اطلاعات انرژی‌های تجدیدپذیر) [۱۰۵]

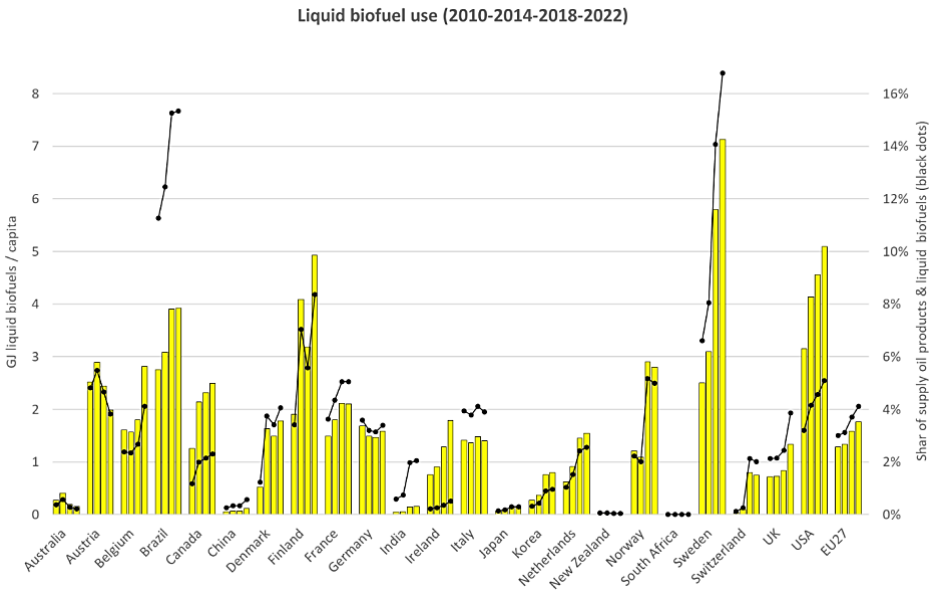
محور سمت راست در شکل زیر استفاده از سوخت‌های زیستی مایع را با عرضه فرآورده‌های نفتی فسیلی و سوخت‌های زیستی مایع با هم مقایسه می‌کند. نفت فسیلی در خارج از حمل‌ونقل نیز استفاده می‌شود، مثلاً در صنایع، بنابراین نباید این را با سهم سوخت‌های زیستی در حمل‌ونقل اشتباه گرفت. در برزیل و سوئد، استفاده از سوخت‌های زیستی مایع در حال حاضر معادل ۱۵ تا ۱۶ درصد از عرضه ترکیبی نفت فسیلی و سوخت‌های زیستی مایع است. در بیشتر کشورهای دیگر، عرضه سوخت

[1] IEA Bioenergy member

https://heiatelmi.ir

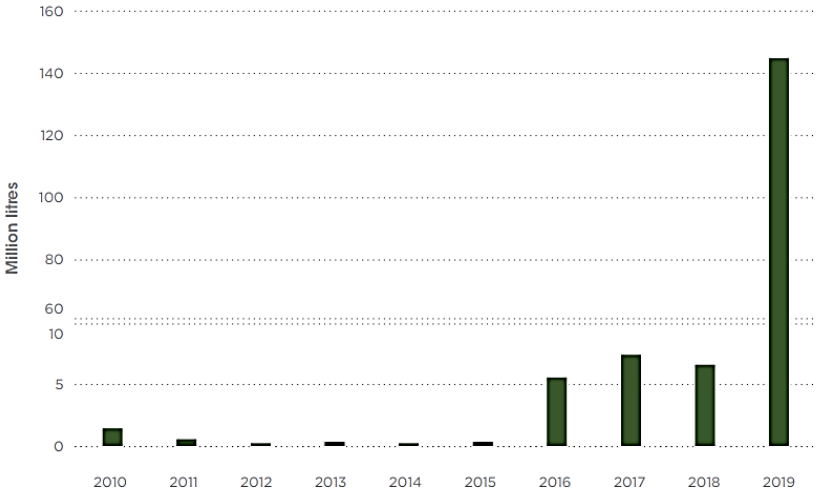
وب سایت هیات علمی

زیستی مایع معادل بین ۲ تا ۵ درصد است که نشان می‌دهد هنوز گام‌های بزرگی برای حذف تدریجی نفت فسیلی مورد نیاز است[۱۰۵].



شکل (۵۰-۴) تکامل سوخت‌های زیستی مایع در کشورهای عضو انرژی زیستی آژانس بین‌المللی انرژی، و مقایسه آن با عرضه ترکیبی فرآورده‌های نفتی فسیلی و سوخت‌های زیستی مایع (منبع داده‌ها: IEA (۲۰۲۴) تعادل انرژی جهانی و اطلاعات انرژی‌های تجدیدپذیر)[۱۰۵]

شکل زیر مقدار تولید سوخت زیستی هوایی پایدار SAF در جهان در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ را نمایش می‌دهد.



شکل (۵۱-۴) مقدار تولید سوخت زیستی هوایی پایدار SAF در جهان در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ [۱۰۷]

سوخت‌های زیستی همچنان بخش مهمی از ترکیب انرژی جهانی هستند که ناشی از نیاز به کاهش انتشار کربن و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است. در سال ۲۰۲۳، بازار جهانی سوخت‌های زیستی تقریباً ۱۴۱ میلیارد دلار ارزش داشت که نشان دهنده نرخ رشد پایدار حدود ۶.۸ درصد در مقایسه با سال قبل است. تولید سوخت‌های زیستی، که شامل اتانول، بیودیزل و سوخت‌های زیستی پیشرفته می‌شود، در سال ۲۰۲۳ به ۱۶۵ میلیارد لیتر رسید. این افزایش تولید توسط سیاست‌ها و مشوق‌های دولتی در بازارهای عمده‌ای مانند ایالات متحده، برزیل و اتحادیه اروپا پشتیبانی شد[۱۰۹].

ایالات متحده آمریکا همچنان بزرگ‌ترین تولیدکننده و مصرف‌کننده سوخت‌های زیستی است و بیش از ۴۵ درصد از تولید

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جهانی اتانول را در سال ۲۰۲۳ به خود اختصاص داده است. استاندارد سوخت‌های تجدیدپذیر (RFS) در ایالات متحده، ترکیب سوخت‌های زیستی با بنزین را الزامی می‌کند که به طور قابل توجهی تقاضا را افزایش می‌دهد. در برزیل، دومین بازار بزرگ سوخت‌های زیستی، تولید اتانول در سال ۲۰۲۳ با ۴ درصد رشد به ۳۵ میلیارد لیتر رسید که این امر به دلیل صنعت گسترده نیشکر این کشور بوده است. اتحادیه اروپا نیز شاهد افزایش تولید بیودیزل با نرخ رشد ۳.۵ درصد بود که توسط دستورالعمل انرژی‌های تجدیدپذیر (RED) پشتیبانی می‌شود[۱۰۹].

آمار سوخت‌های زیستی نشان می‌دهد که تقاضا برای سوخت‌های زیستی پیشرفته، مانند اتانول سلولزی، احتمالاً افزایش خواهد یافت که ناشی از مقررات سختگیرانه‌تر انتشار گازهای گلخانه‌ای و تمایل به منابع انرژی پایدارتر است.

آسیا و اقیانوسیه به عنوان یک بازیگر مهم در بازار سوخت‌های زیستی در حال ظهور است و کشورهایی مانند هند و چین تولید سوخت‌های زیستی خود را افزایش می‌دهند. در سال ۲۰۲۳، هند ۳.۵ میلیارد لیتر اتانول تولید کرد که نسبت به سال ۲۰۲۲، ۱۲ درصد افزایش یافته است. این افزایش با ابتکارات دولت برای کاهش واردات نفت و ارتقای امنیت انرژی همراه بود. تولید بیودیزل چین نیز با ۸ درصد رشد، به ۱.۲ میلیارد لیتر در سال ۲۰۲۳ رسید.

سوخت زیستی با افزایش پیوسته تولید و مصرف و درآمد، خود را به عنوان یک بازیگر مهم در بازار جهانی نشان داده است. ایالات متحده در تولید سوخت‌های زیستی پیشرو است و پس از آن برزیل و اندونزی قرار دارند. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰، بازار جهانی سوخت‌های زیستی همچنان یک سوخت زیستی غالب باقی بماند و سوخت‌های زیستی رشد خود را نشان دهند. سیاست‌های دولت و نگرانی‌های زیست‌محیطی، محرک‌های اصلی رشد بازار هستند. کشورهای آسیا و اقیانوسیه مانند هند و چین افزایش تولید را نشان دادند که منجر به کاهش انتشار کربن و وابستگی به سوخت‌های فسیلی شد. با بررسی پیوسته آمار سوخت‌های زیستی، مقامات مربوطه اطلاعات مناسبی در مورد حفاظت از محیط زیست دریافت خواهند کرد[۱۰۹].

بخش سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته، به ویژه بازار سوخت‌های قطره‌ای (دیزل تجدیدپذیر/HVO و سوخت پایدار هوانوردی/SAF)، در حال حاضر تحت سلطه شرکت‌های بزرگ انرژی، شرکت‌های پالایش تخصصی و شرکت‌های بیوتکنولوژی صنعتی است.

بازار جهانی با غول‌های انرژی مستقر که از زیرساخت‌های پالایش موجود خود بهره می‌برند و تولیدکنندگان اختصاصی سوخت زیستی که صرفاً بر محصولات پایدار متمرکز هستند، مشخص می‌شود.

تولید دیزل تجدیدپذیر (HVO) و سوخت پایدار هوانوردی (SAF)

- Neste Corporation (فنلاند): به طور گسترده به عنوان رهبر جهانی در تولید دیزل تجدیدپذیر و سوخت پایدار هوانوردی (SAF) از ضایعات و پسماندها شناخته می‌شود. آنها پالایشگاه‌های زیستی بزرگی را در فنلاند، هلند و سنگاپور اداره می‌کنند و بخش قابل توجهی از ظرفیت فعلی HVO/SAF جهان را در اختیار دارند.
- TotalEnergies (فرانسه): یک شرکت بزرگ انرژی یکپارچه که به طور فعال پالایشگاه‌های سنتی را به پالایشگاه‌های زیستی «Net-zero» تبدیل می‌کند تا دیزل تجدیدپذیر و SAF تولید کند. پلتفرم Grandpuits آنها در فرانسه نمونه‌ای کلیدی از این گذار است.
- Phillips 66 (ایالات متحده آمریکا): یک بازیگر مهم در بازار آمریکای شمالی، که با انگیزه‌های قوی دولت، به ویژه در ایالات متحده، تأسیسات بزرگ را برای تولید دیزل تجدیدپذیر تبدیل و توسعه می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- Eni (ایتالیا): این شرکت در تبدیل پالایشگاه‌های نفت سنتی به پالایشگاه‌های زیستی و تولید سوخت‌های زیستی تصفیه‌شده با هیدروژن (HVO/دیزل تجدیدپذیر) پیشگام بوده است.

فرآوری مشترک و پالایشگاه‌ها (Co-processing)

مفهوم فرآوری مشترک (ترکیب و ارتقاء خوراک‌های زیستی در واحدهای پالایشگاه نفت موجود) در درجه اول توسط شرکت‌های بزرگ نفت و گاز یکپارچه با ناوگان‌های بزرگ پالایش اجرا می‌شود.

۱. ExxonMobil (ایالات متحده آمریکا): به طور فعال در حال تحقیق و اجرای فرآوری مشترک روغن‌های مبتنی بر زیست توده در تصفیه‌خانه‌های هیدروتریت پالایشگاه‌های موجود برای تولید دیزل تجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی با سوخت جامد (SAF) با هدف افزایش تولید با استفاده از دارایی‌های جهانی موجود خود است.

۲. Shell (بریتانیا/هلند): در فرآوری مشترک و تولید HVO/SAF در مقیاس بزرگ مشارکت دارد و از دسترسی جهانی و زنجیره‌های تأمین موجود خود بهره می‌برد.

فناوری و مهندسی سوخت‌های زیستی نسل دوم

این بازیگران در فناوری‌های پیشرفته مورد نیاز برای تبدیل زیست توده غیرغذایی (مانند زباله‌های کشاورزی یا بقایای چوبی) به سوخت‌های پیشرفته تخصص دارند.

۱. Praj Industries (هند): یک شرکت زیست‌فناوری صنعتی مشهور در سطح جهانی که راه‌حل‌های فناوری جامعی را برای تولید سوخت‌های زیستی نسل اول و دوم، از جمله اتانول از زیست‌توده لیگنوسلولزی، ارائه می‌دهد. آنها شریک کلیدی بسیاری از پروژه‌های نوظهور سوخت زیستی در سراسر جهان هستند.

۲. Gevo (ایالات متحده آمریکا): با استفاده از فناوری ثبت اختراع شده الکل به جت (ATJ) خود، که یک مسیر حیاتی نسل دوم است، بر تبدیل ایزوبوتانول مشتق شده از ذرت (که اغلب یک ماده اولیه نسل اول است، اما هدف آنها شدت کم کربن است) به سوخت جت و بنزین تجدیدپذیر قطره‌ای تمرکز دارد.

۳. Plug Power/Edgewood Renewables (ایالات متحده): اگرچه در درجه اول یک شرکت هیدروژنی است، اما Plug Power اکنون با شرکت‌هایی مانند Edgewood Renewables توسعه تأسیسات سوخت تجدیدپذیر پیشرفته که جریان‌های زباله (یک تمرکز کلیدی نسل دوم) را به سوخت‌های قطره‌ای مانند SAF تبدیل می‌کنند، همکاری می‌کند.

موفقیت سوخت پایدار هوانوردی (SAF) به شرکت‌های هواپیمایی و هوافضای بزرگ متکی است که تقاضا را از طریق توافق‌نامه‌های خرید گسترده (جذب سوخت) و مشارکت‌ها هدایت می‌کنند. ایرباس و بوئینگ، دو تولیدکننده برتر هواپیما در جهان با سرمایه‌گذاری در تحقیقات SAF و امضای قرارداد مشارکت با تولیدکنندگان (مانند سرمایه‌گذاری مشترک اخیر ایرباس و گروه کاتای) برای کمک به افزایش تولید در مناطق استراتژیک مانند آسیا، در سمت تقاضا پیشرو هستند[۱۱۰]. همچنین خطوط هوایی بزرگ مانند United Airlines, Delta Air Lines, Lufthansa Group, Cathay Group در حال امضای توافق‌نامه‌های عظیم و چندساله جذب سوخت SAF با تولیدکنندگانی مانند نسته و ورلد انرژی هستند تا از تأمین بلندمدت سوخت اطمینان حاصل کنند و به الزامات کربن‌زدایی خود عمل کنند. تعهدات آنها برای تأمین مالی تأسیسات جدید تولید SAF بسیار مهم است[۱۱۰-۱۱۲].

در زمینه سوخت‌های زیستی نسل دوم، معمولاً گروهی از شرکت‌ها و فناوری‌ها وجود دارند که بر اتانول سلولزی، بیودیزل

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

پیشرفته/دیزل تجدیدپذیر و روغن‌های زیستی از منابع غیرغذایی مانند پسماندهای کشاورزی، زباله‌های شهری و جلبک‌ها تمرکز دارند. این شرکت‌های پیشرو را می‌توان بر اساس تمرکز اصلی‌شان طبقه‌بندی کرد:

۱. پیشگامان فناوری و اتانول سلولزی: این شرکت‌ها به دلیل فناوری اختصاصی خود در تبدیل زیست‌توده لیگنوسلولزی (مواد ساختاری گیاهی مانند ساقه، تراشه‌های چوب و زباله) به سوخت شناخته می‌شوند. مهم‌ترین آنها عبارتند از:

a. POET-DSM Advanced Biofuels LLC (سرمایه‌گذاری مشترک): یک بازیگر اصلی در اتانول سلولزی، که به دلیل تجاری‌سازی این فناوری و اداره کارخانه‌های بزرگ مانند کارخانه Project Liberty (که اکنون متعلق به POET است) شناخته می‌شود.

b. Clariant AG (با فناوری Sunliquid®): یک پلتفرم فناوری یکپارچه برای اتانول سلولزی توسعه داده است، اگرچه یکی از کارخانه‌های کلیدی آنها با چالش‌های عملیاتی روبرو شد و تعطیل شد. خود فناوری همچنان قابل توجه است.

c. GranBio (برزیل): یک تولیدکننده کلیدی، به ویژه با بهره‌گیری از باگاس (پسماند) نیشکر گسترده برزیل برای اتانول نسل دوم.

d. Praj Industries (هند): آنها که در فناوری و مهندسی فرآیندهای زیستی پیشرو هستند، فناوری "Enfinity" را برای اتانول نسل دوم توسعه داده‌اند و با شرکت‌های بزرگ نفتی در هند (مانند شرکت نفت هند و بهارات پترولیوم) برای راه‌اندازی چندین پالایشگاه زیستی نسل دوم در مقیاس بزرگ همکاری کرده‌اند.

۲. نوآوران تبدیل زباله به سوخت‌های زیستی: این شرکت‌ها در استفاده از مواد اولیه غیرمتعارف و چالش‌برانگیز، اغلب زباله‌های جامد شهری (MSW) یا زباله‌های صنعتی، تخصص دارند.

a. Enerkem Inc.: به دلیل تبدیل زباله‌های جامد شهری و مواد غیرقابل بازیافت به سوخت‌های حمل و نقل (متانول و اتانول) و مواد شیمیایی تجدیدپذیر با استفاده از یک فرآیند ترموشیمیایی اختصاصی، بسیار شناخته شده است.

b. Fiberight LLC: بر تبدیل زباله‌های جامد شهری به قندهای سلولزی و در نهایت سوخت‌های زیستی/بیوشیمی تمرکز دارد.

۳. شرکت‌های بزرگ انرژی با سرمایه‌گذاری‌های پیشرفته در سوخت‌های زیستی: شرکت‌های بزرگ چندملیتی از طریق سرمایه‌گذاری‌های گسترده و مشارکت‌های استراتژیک در دیزل تجدیدپذیر (HVO)، سوخت پایدار هواپیمایی (SAF) و اجزای پیشرفته، در حال افزایش مقیاس هستند.

a. شرکت Neste Oyj (فنلاند): یک رهبر جهانی در تولید دیزل تجدیدپذیر (HVO) و سوخت پایدار هواپیمایی (SAF) که عمدتاً از زباله‌ها و پسماندها (مانند روغن پخت و پز استفاده شده و چربی حیوانی) تولید می‌شود. در حالی که از نظر فنی از لیپیدها (اغلب نسل اول) استفاده می‌کنند، تمرکز آنها بر مواد اولیه زباله‌های کم کربن، آنها را به یک بازیگر اصلی سوخت‌های زیستی پیشرفته تبدیل می‌کند.

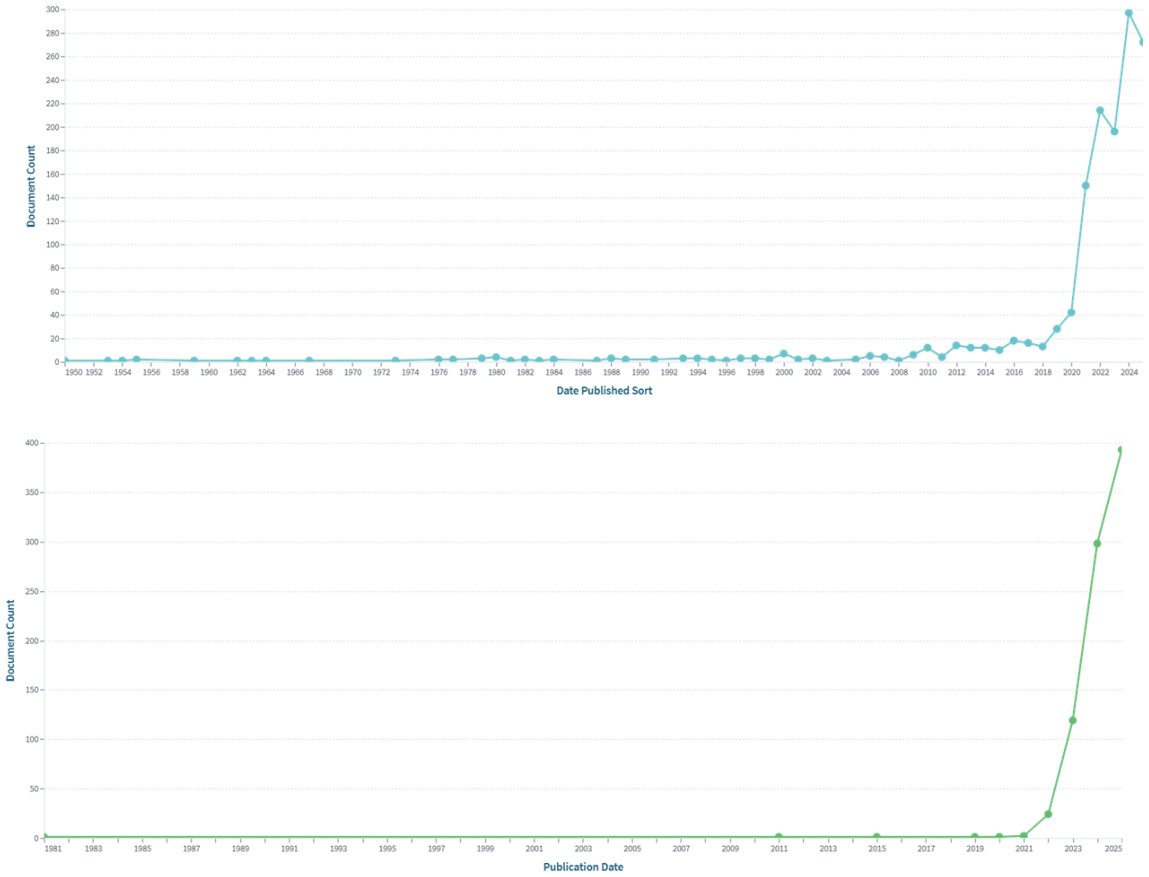
b. شرکت BP PLC / Chevron / ExxonMobil: همگی سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه و استراتژیک قابل توجهی در سوخت‌های زیستی پیشرفته دارند و بر افزایش تولید دیزل تجدیدپذیر و سوخت پایدار

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

هواپیمایی (SAF) از طریق مشارکت‌ها و توسعه داخلی تمرکز دارند.

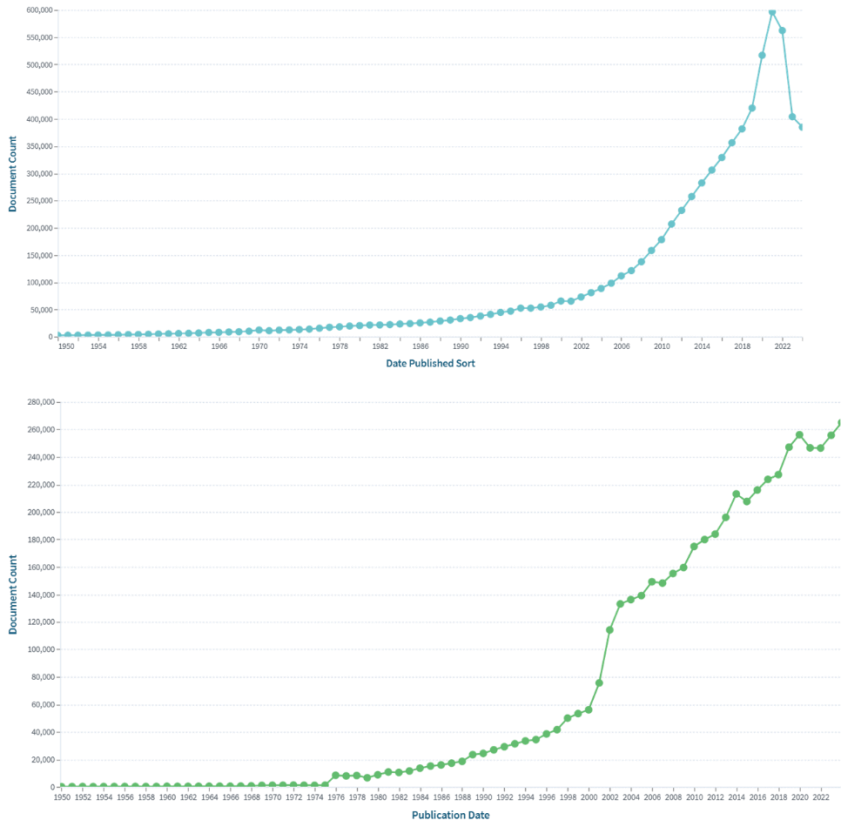
شکل زیر نمایش دهنده روند پتنت ها و مقالات در زمینه SAF و Co-processing می باشد.



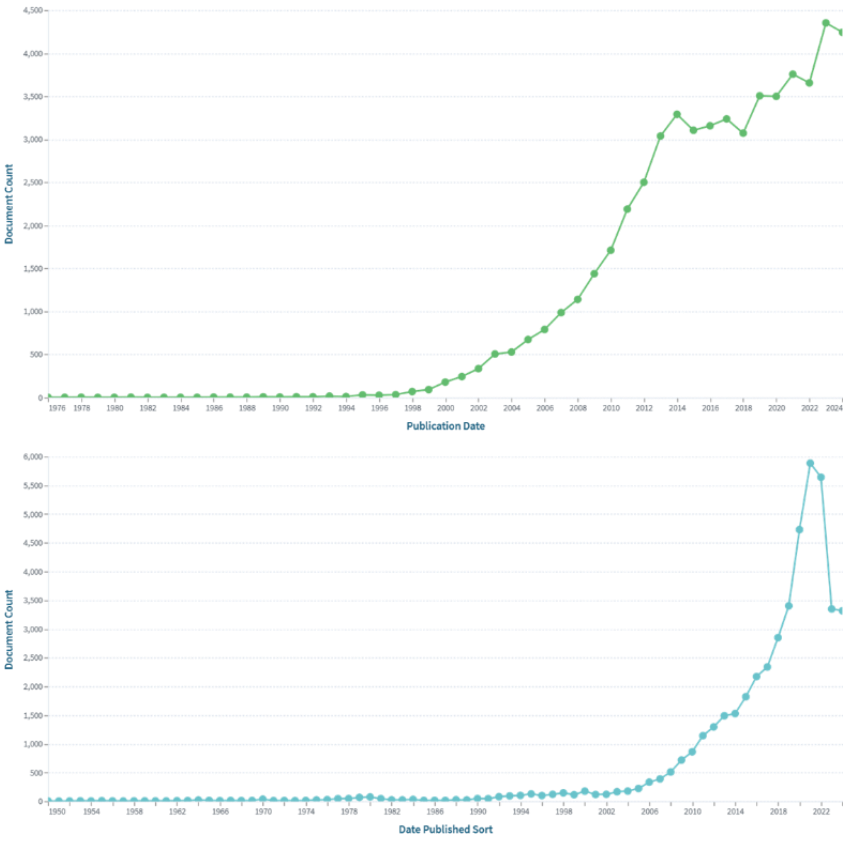
شکل (۵۲-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای سوخت پایدار جت (SAF)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵۳-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای Co-processing



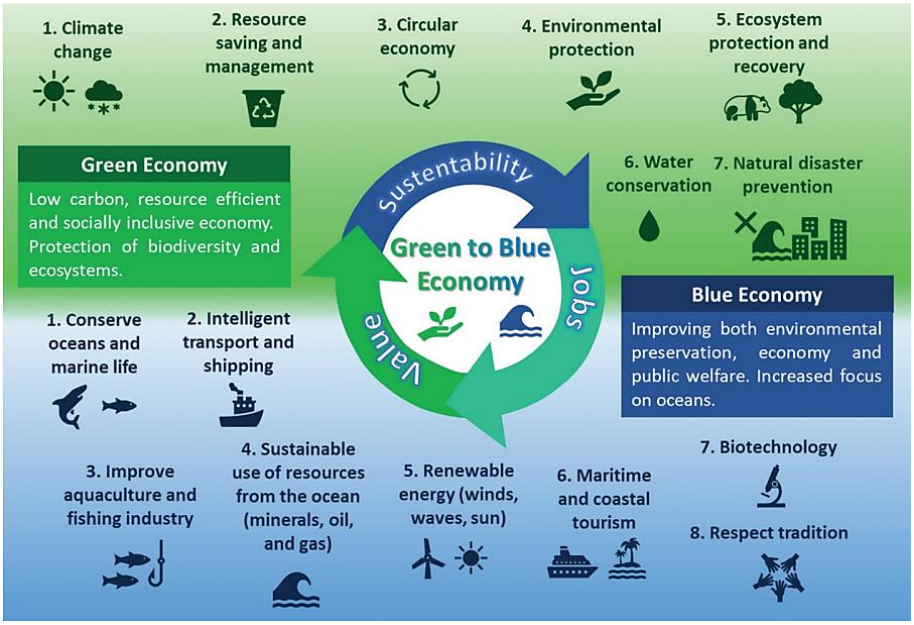
شکل (۵۴-۴) نمودار تعداد مقالات (پایین-رنگ آبی) و پتنت‌های (بالا- رنگ سبز) سوخت زیستی نسل دوم

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۴-۴-۴- پالایشگاه زیستی دریایی

اقیانوس ها و دریاها برای بقای ما ضروری هستند زیرا ۷۰ درصد از سیاره ما را پوشانده اند، منبع نیمی از اکسیژن بوده و مسئول ۱۷ درصد از تولید پروتئین حیوانی هستند. با این حال، تخریب اکوسیستم‌های آبی با سرعت نگران‌کننده‌ای در حال وقوع است و اقدامات کافی برای تغییر این چشم‌انداز تاریک وجود ندارد. به عنوان مثال، سالانه حدود ۳۵ میلیون تن ماهی صید شده (۳۵ درصد از کل) به اقیانوس ریخته می‌شود. این امر نه تنها هدر دادن غیرمنطقی منابع دریایی است، بلکه محیط‌های آبی ما را نیز آلوده و به خطر می‌اندازد. از این رو، طراحی سیستم‌های تولید هوشمند و پایدار برای محافظت از اقیانوس‌ها و در عین حال حفظ ظرفیت صنایع دریایی برای ایجاد شغل و تأمین غذا، به ویژه با محافظت از این دارایی‌های حیاتی برای نسل‌های آینده، بسیار مهم است. از این نظر، اقتصادهای سبز و آبی[1] می‌توانند ابزارهای مورد نیاز برای این تغییر الگو در عملیات صنعتی مستقر در اقیانوس را فراهم کنند. یکی از مدل‌هایی که از اصول شیمی سبز پیروی می‌کند و می‌تواند ضایعات و آلودگی غذاهای دریایی را کاهش دهد، «پالایشگاه زیستی» است، زیرا می‌تواند زیست‌توده کم‌ارزش را به محصولات جانبی (بیولوژیکی) مفید و ارزشمند تبدیل کند[۱۱۳, ۱۱۴].



شکل (۵۵-۴) اصول و اهداف اقتصاد سبز و آبی[۱۱۴]

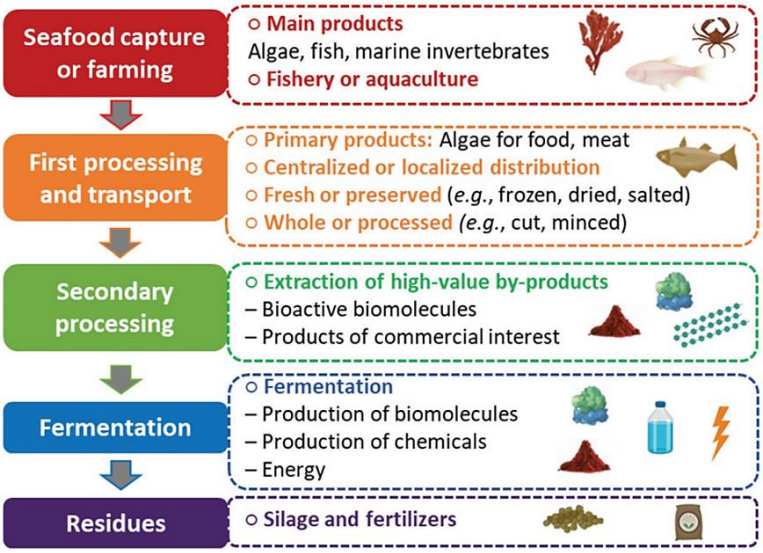
توسعه فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه، سازگار با محیط زیست و چرخشی برای فرآوری زیست‌توده دریایی به محصولات با ارزش افزوده، برای اجرای موفقیت‌آمیز صنایع پایدار مبتنی بر اقیانوس، با تمرکز بر استراتژی‌هایی که همزمان به کاهش ضایعات و تقاضای انرژی کمک می‌کنند، تعیین‌کننده هستند. با به‌کارگیری مفهوم پالایشگاه زیستی برای صنایع دریایی، می‌توان منابع طبیعی را ذخیره کرد و از تولید ضایعات غذاهای دریایی جلوگیری کرد و در عین حال شغل ایجاد کرد و سبب افزایش درآمد و سود نهایی گردید. این مدل، اصول اقتصاد آبی را در حفظ محیط‌های دریایی و در عین حال بهبود اقتصاد و رفاه عمومی در بر می‌گیرد[۱۱۴, ۱۱۵].

[1] Green and blue economies

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

در ابتدا، مدل پالایشگاه زیستی به عنوان راهی برای ارتقای تغییر از اقتصاد مبتنی بر نفت به اقتصاد مبتنی بر زیست در نظر گرفته میشد که در آن منابع زیستی تجدیدپذیر در مرکز توجه قرار دارند. امروزه، این مدل بسیار گستردهتر شده است زیرا پالایشگاههای زیستی به گونهای طراحی شدهاند که بسیار کارآمد باشند و حتی مواد خام تصفیه نشده و خطرناک (مانند زبالههای صنعتی، کشاورزی و خانگی) را در خود جای دهند و در عین حال محصولات جانبی بیضرر و ارزشمندی تولید کنند. برای پالایشگاههای زیستی دریایی، هدف نهایی بهینهسازی بهرهبرداری از منابع اقیانوس با بازیابی مواد مرتبط از بقایای غذاهای دریایی است، در نتیجه تولید زباله را کاهش داده و به فرآیندهای مبتنی بر اقیانوس ارزش میافزایند. پالایشگاههای زیستی دریایی، به ویژه برای جلبکها، در حال حاضر به خوبی توصیف و تثبیت شدهاند. به عنوان مثال، با استفاده از رویکرد پالایشگاه زیستی، میزان استفاده از جلبک دریایی قهوهای در فرآوری تا ۹۳٪ رسیده است. بنابراین، با توجه به میزان بیش از حد زباله تولید شده در شیلات و آبزیپروری، از جمله اصول پالایش زیستی در این صنایع دریایی میتواند یک مشکل (ضایعات غذاهای دریایی) را به منبع انرژی و محصولات (زیستی) ارزشمند و البته درآمد اضافی تبدیل کند. شکل زیر ارزشگذاری ضایعات غذاهای دریایی با رویکرد پالایشگاه زیستی را نمایش میدهد[۱۱۳-۱۱۵].



شکل (۵۶-۴) ارزشگذاری ضایعات غذاهای دریایی با رویکرد پالایشگاه زیستی[۱۱۴]

پالایشگاه زیستی دریایی[۱] (MBR)، پالایشگاه زیستی مبتنی بر ماهی[۲] و زیستتوده دریایی[۳] یک مفهوم یکپارچه است که شامل پردازش پایدار زیستتوده دریایی به طیفی از محصولات زیستی قابل فروش، از جمله غذا، خوراک دام، مواد شیمیایی، مواد و انرژی زیستی (برق، گرما، سوخت) میشود، دقیقاً مانند یک پالایشگاه معمولی که نفت خام را فرآوری میکند. ایده اصلی، استفاده کامل از مواد اولیه به صورت آبشاری برای به حداکثر رساندن ارزش و به حداقل رساندن ضایعات است، در نتیجه از اقتصاد زیستی چرخشی پشتیبانی میکند. پالایشگاه زیستی مبتنی بر ماهی زیرمجموعهای از پالایشگاه زیستی دریایی است که به طور خاص بر ارزشآفرینی ضایعات و محصولات جانبی صنعت فرآوری ماهی و صدف تمرکز دارد که میتواند ۳۰ تا ۸۰ درصد از وزن ماهی خام را تشکیل دهد. زیستتوده دریایی به مواد بیولوژیکی مشتق شده از اقیانوس، از

[1] Marine Biorefinery

[2] Fish-based biorefinery

[3] Marine biomass

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

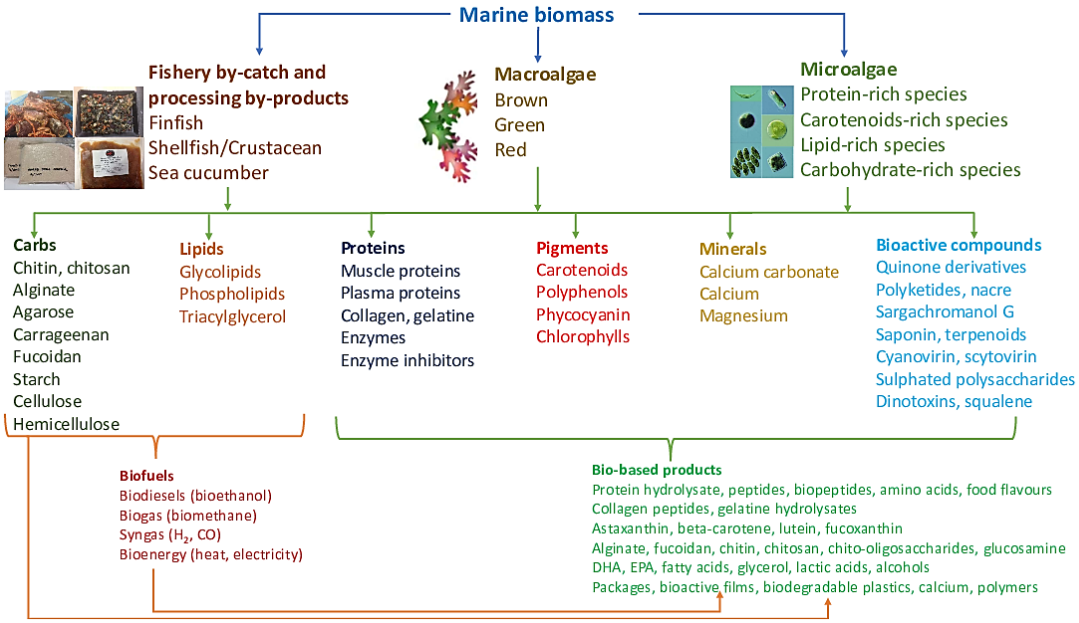
جمله ماکروجلبک‌ها (جلبک‌های دریایی)، ریزجلبک‌ها، ضایعات فرآوری ماهی و صدف (مانند پوسته، سر، قاب، احشاء) و سایر موجودات آبزی اشاره دارد. این زیست‌توده بسیار مهم است زیرا یک منبع غیررقیب غذایی است، به ویژه در مورد جلبک‌ها که به زمین‌های زراعی نیاز ندارند و اغلب نرخ رشد بالایی را نشان می‌دهند. اهمیت و تغییر جهانی جهان به طور فزاینده‌ای به سمت این روندهای دریایی در حال حرکت است که عمدتاً به دلیل نیاز فوری به جایگزین‌های پایدار برای سوخت‌های فسیلی و پتروشیمی‌ها، ناشی از کاهش تغییرات اقلیمی و جاه‌طلبی برای اقتصاد خالص صفر است. MBR مسیری را برای کاهش وابستگی به زیست‌توده زمینی ارائه می‌دهد که اغلب با تولید مواد غذایی رقابت می‌کند یا به زمین‌های کشاورزی (تغییر کاربری زمین) نیاز دارد و به مشکل رو به رشد دفع مقادیر زیادی از زباله‌های شیلات و آبزی‌پروری می‌پردازد که در غیر این صورت تهدیدات زیست‌محیطی قابل توجهی برای منابع آب ایجاد می‌کند و به انتشار گازهای گلخانه‌ای در محل‌های دفن زباله کمک می‌کند. با تبدیل این جریان‌های جانبی از «مرکز هزینه» به «مرکز سود»، MBR با بهینه‌سازی استفاده از منابع دریایی و ایجاد جریان‌های درآمدی جدید برای جوامع ساحلی، به امنیت غذایی نیز کمک می‌کند. تنوع غنی ترکیبات زیست‌فعال در موجودات دریایی یکی دیگر از محرک‌های اصلی است که اجزای منحصر به فردی را ارائه می‌دهد که به راحتی در منابع زمینی یافت نمی‌شوند[۱۱۳-۱۱۵].

مواد اولیه، محصولات اصلی و استراتژی‌ها مواد اولیه برای پالایشگاه‌های زیستی دریایی شامل منابع متنوع زیست‌توده دریایی است. به طور کلی، این مواد شامل ماکروجلبک‌ها (جلبک‌های دریایی قهوه‌ای، قرمز و سبز)، ریزجلبک‌ها و پروکاریوت‌های دریایی می‌شود. برای پالایشگاه زیستی مبتنی بر ماهی، خوراک اصلی، فرآورده‌های جانبی فرآوری ماهی و صدف مانند سر، دل و روده، اسکلت، پوست، فلس، پوسته (از سخت‌پوستان) و خون است. محصولات اصلی حاصل از این رویکردهای پالایشگاه زیستی طیف گسترده‌ای دارند و معمولاً دارای ارزش بالایی هستند. برخی از مهم‌ترین این محصولات عبارتند از:

- پروتئین‌ها و پپتیدها: شامل کلاژن و ژلاتین دریایی پرمصرف (به‌ویژه از پوست و استخوان ماهی) برای صنایع غذایی، آرایشی و دارویی، و همچنین هیدرولیزات‌ها و کنسانتره‌های پروتئین برای خوراک دام و مواد تشکیل‌دهنده غذا.
- لیپیدها: در درجه اول روغن‌های غنی از امگا ۳ (EPA و DHA) از فرآورده‌های جانبی ماهی و ریزجلبک‌ها، که برای مواد غذایی و سلامت انسان بسیار مهم هستند.
- پلی‌ساکاریدها: هیدروکلوئیدهای با ارزش بالا مانند کیتین و کیتوزان مشتق شده از آن (از پوسته سخت‌پوستان، مورد استفاده در زیست‌پزشکی، تصفیه آب و کشاورزی)، آلژینات، آگار و کاراگینان (از جلبک‌های دریایی، مورد استفاده به عنوان ژل‌کننده، غلیظ‌کننده و تثبیت‌کننده) عوامل در غذا و دارو).
- انرژی زیستی/سوخت‌های زیستی: تولید بیودیزل (از روغن ماهی استخراج شده یا روغن میکروجلبک)، بیوگاز/بیومتان (از طریق هضم بی‌هوازی ضایعات ماهی یا سایر پسماندهای آلی) و بیواتانول[۱۱۳-۱۱۵].

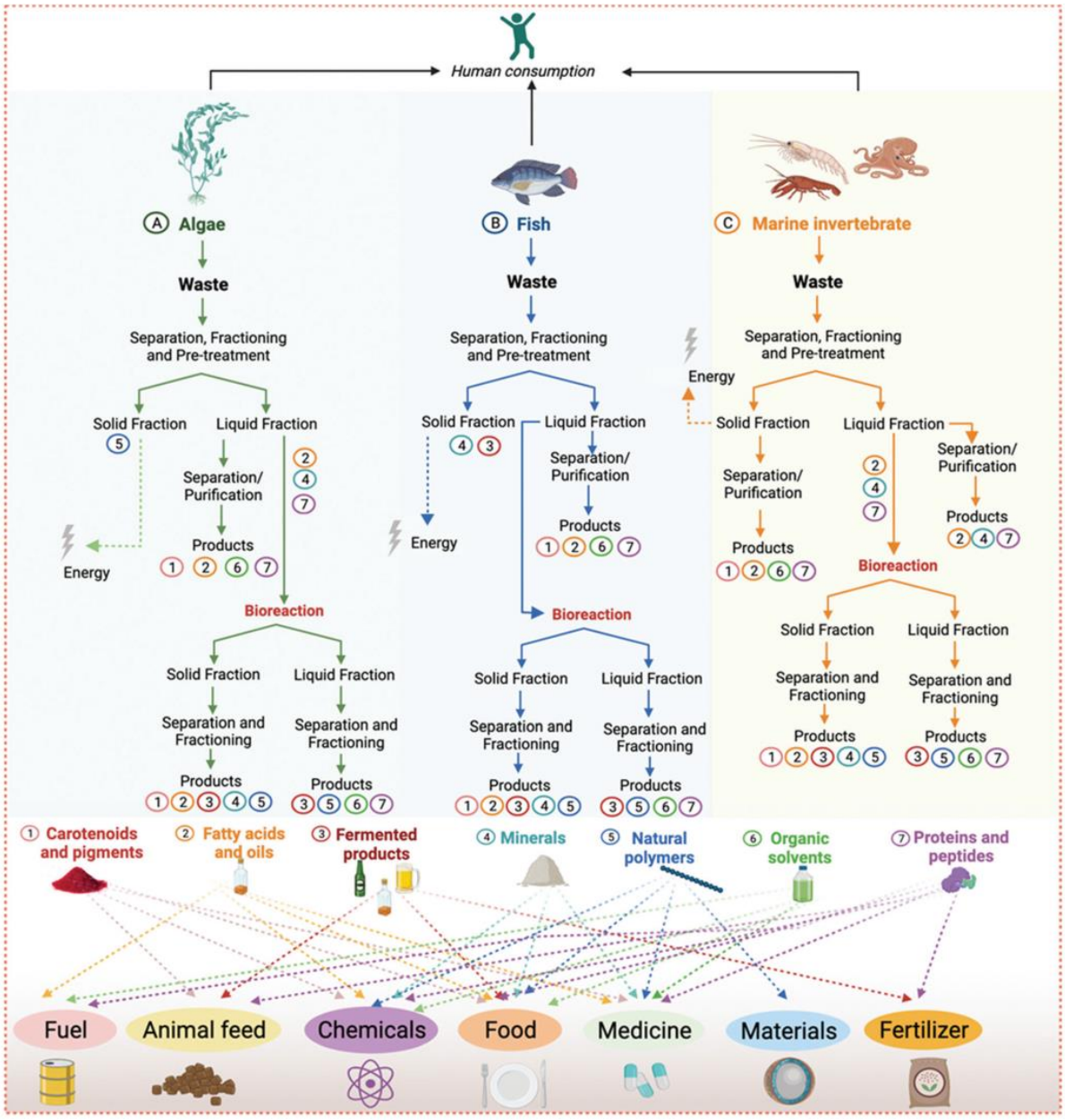
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۵۷-۴) زیست‌توده دریایی با اجزای ارزشمند متنوع برای پالایش زیستی محصولات با ارزش افزوده متعدد [۱۱۳]

جدول زیر منابع محصولاتی که می‌توان از ضایعات صنایع ماهیگیری و آبزی‌پروری به دست آورد و کاربردهای آنها را نمایش می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۲-۴) محصولات قابل استحصال از پالایشگاه زیستی دریایی و کاربردهای آنها [۱۱۴]

Sources	Products	Applications
Algae waste	Agar	Food, chemicals, medicines
	Alginate	Food, chemicals, medicines
	Biodiesel	Alternative fuel
	Carotenoids (β-carotene, astaxanthin, lutein, and zeaxanthin)	Food, nutraceuticals, medicines
	Carrageenan	Food, chemicals, medicines
	Protein extracts	Food, nutraceuticals, chemicals, medicines, animal feed, fertilizers
	Silage	Animal feed, fertilizer
- Fermentation of algae waste	Alcohol and acids	Food, chemicals, fuel
Marine invertebrates waste	Lipids (oils and fatty acids)	Food, nutraceuticals, medicines
	Peptones	Animal feed, chemicals, nutraceuticals
	Protein extracts	Food, nutraceuticals, chemicals, medicines, animal feed, fertilizers
- Fermentation of marine invertebrates waste	Alcohol and acids	Food, chemicals, fuel
- Seashells	Biodiesel	Alternative fuel
	Carotenoids (β-carotene, astaxanthin, lutein)	Food, nutraceuticals, medicines
	Chitin	Development of materials
	Inorganic minerals (calcium, iron, selenium, and zinc salts)	Nutraceuticals, medicines, chemicals, fertilizers
	Hydroxyapatite	Development of materials, medical and dental applications
- Squid skin and by-products	Antioxidant peptides	Medicines
	Fish sauce	Food
- Viscera	Enzymes (*e.g.*, carbohydrases, lipases and phospholipases, proteases)	Food, medical, and industrial applications
Fish waste	Biodiesel	Alternative fuel
	Fatty acids (monounsaturated fatty acids, omega-3 fatty acids, polyunsaturated fatty acids, saturated fatty acids, saponification of fish oil)	Food, nutraceuticals, medicines
	Fish silage	Animal feed, fertilizers
	Liposoluble vitamins, oils, phospholipids, squalene	Food, nutraceuticals, medicines
	Peptones	Animal feed, chemicals, nutraceuticals
	Protein extracts	Food, nutraceuticals, chemicals, medicines, animal feed, fertilizers
- Bones, skin, scales, and fins	Carotenoids (astaxanthin)	Food, nutraceuticals, medicines
	Collagen and gelatin	Nutraceuticals and medicines
	Hydroxyapatite	Development of materials, medical and dental applications
	Inorganic minerals (calcium, iron, selenium, and zinc salts)	Nutraceuticals, pharmaceuticals, chemicals, fertilizers
- Fermentation of fish waste	Alcohol and acids	Food, chemicals, fuel
- Fish protein hydrolysates	Fish sauce	Food
- Viscera and liver	Bioactive peptides	Medicines
	Enzymes (*e.g.*, carbohydrases, lipases and phospholipases, proteases)	Food, medical and industrial applications

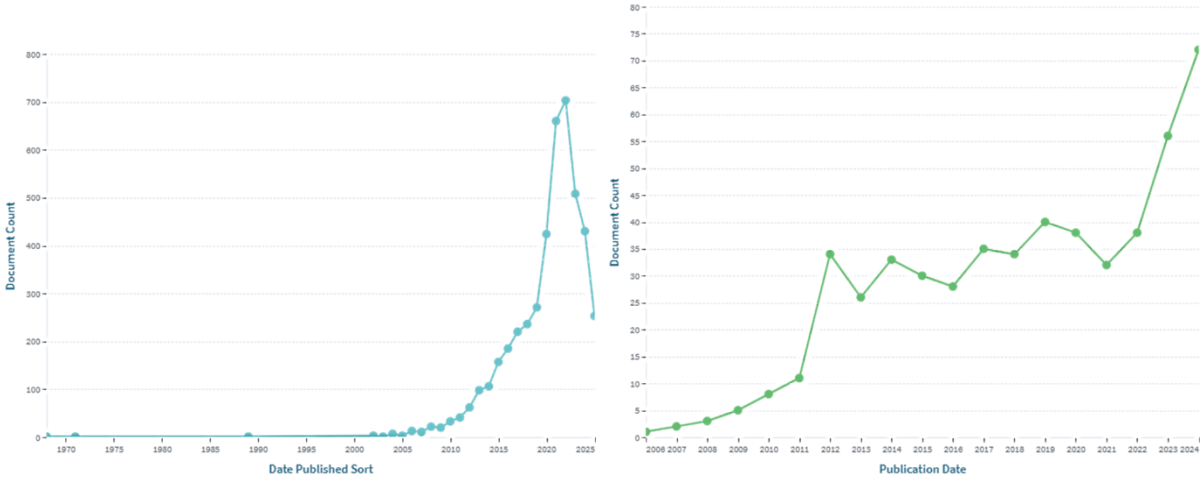
نرخ رشد ترکیبی سالانه این حوزه‌ها در جدول زیر بیان شده است.

حوزه	CAGR	منبع
سوخت‌های زیستی دریایی	٪۸.۷۵-۷.۵	[۱۱۶, ۱۱۷]
بیوتکنولوژی دریایی	٪۸.۷	[۱۱۸]
محصولات تولیدی از ضایعات ماهی	٪۸.۱-۷.۳	[۱۱۹, ۱۲۰]

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

با بررسی مقالات و پتنت‌ها، شاهد کاهش مقالات بر روی این مفهوم بوده و در مقابل رشد صعودی پتنت‌های مرتبط با این مفهوم هستیم که نمایش دهنده روند رو به رشد تجاری شدن این مفهوم در جهان است.



شکل (۵۸-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای مفموم پالایشگاه زیستی دریایی

حوزه‌های پالایشگاه زیستی دریایی (MBR)، پالایشگاه زیستی مبتنی بر ماهی و بهره‌برداری از زیست‌توده دریایی، شامل یک اکوسیستم پویا از رهبران جهانی، از جمله شرکت‌های صنعتی پیشگام، شرکت‌های تخصصی بیوتکنولوژی و مؤسسات تحقیقاتی در سطح جهانی است. این بازیگران کلیدی، توسعه، تجاری‌سازی و استانداردسازی اقتصاد زیستی آبی را هدایت می‌کنند.

رهبران صنعتی و تجاری چشم‌انداز تجاری توسط تأمین‌کنندگان سنتی مواد اولیه که به منابع دریایی تنوع می‌بخشند، شرکت‌های بزرگ انرژی که کاربردهای سوخت‌های زیستی را توسعه می‌دهند و شرکت‌های تخصصی بیوتکنولوژی که بر ترکیبات با ارزش بالا تمرکز دارند، تعریف می‌شود. شرکت‌های جهانی شیلات و مواد اولیه (پالایشگاه زیستی مبتنی بر ماهی) اپراتورهای مستقیم این مفهوم هستند و فرآوری محصولات جانبی را در زنجیره‌های تأمین خود ادغام می‌کنند. برخی از این شرکت‌ها عبارتند از:

- Coplais (فرانسه) :یک شرکت فرانسوی است که در ارزش‌گذاری محصولات جانبی دریایی تولید شده توسط صنعت ماهیگیری، به ویژه در بولونی-سور-مر[1]، که بندر پیشرو در فرآوری ماهی در اروپا است، تخصص دارد. ماموریت اصلی آنها که دهه‌ها پیش آغاز شد، دستیابی به استفاده پایدار از منابع دریایی با تبدیل محصولات جانبی ماهی (مانند سر، استخوان و ضایعات ماهی) به مواد فعال طبیعی با ارزش بالا است. آنها این کار را عمدتاً از طریق فرآیندهای بیوشیمیایی پیچیده مانند هیدرولیز آنزیمی برای تولید محصولات مختلف، از جمله هیدرولیزات‌های پروتئین ماهی (پپتیدها)، کلاژن و سولفات کندرویتین انجام می‌دهند. این شرکت سالانه ۵۵ هزار تن ضایعات آبزیان را جمع آوری کرده و تبدیل به ۱۶ هزار تن محصول نهایی می نماید.
- Maruha Nichiro (ژاپن): عنوان یک شرکت پیشرو در زمینه شیلات و مواد غذایی یکپارچه، نقش مهمی در استفاده از محصولات جانبی فرآوری شده برای تولید مواد اولیه دریایی ایفا می‌کند.
- Austevoll Seafood ASA و Hofseth Biocare AS (نروژ): نروژ یک رهبر جهانی در آبزی‌پروری و استفاده از محصولات جانبی است. Austevoll یک تولیدکننده بزرگ ماهی سالمون و ماهی سفید است که به شدت در

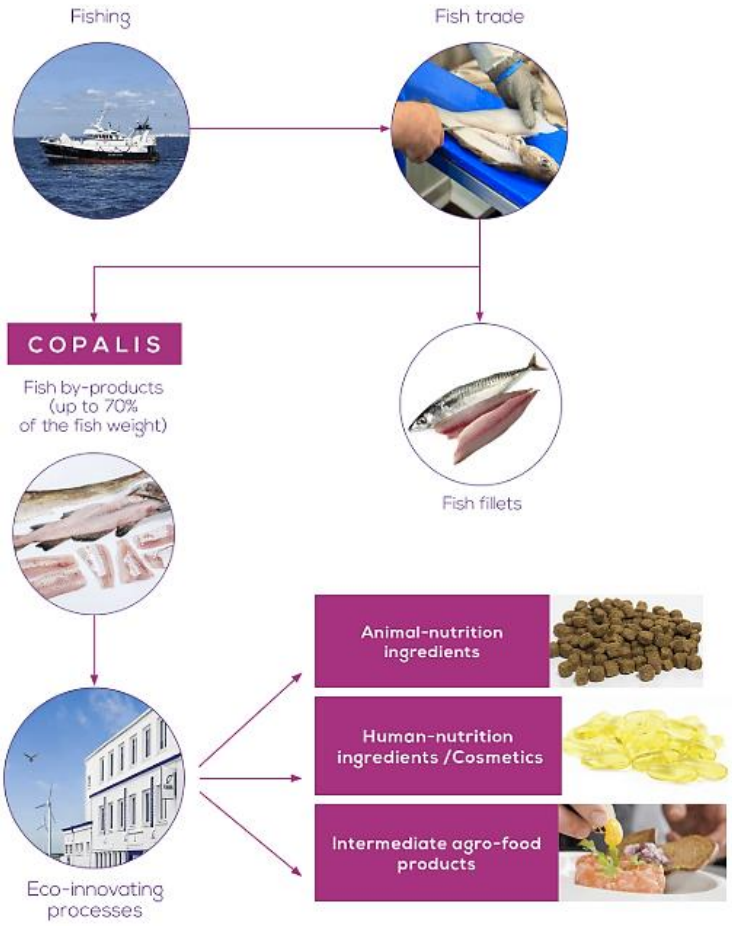
[1] Boulogne-sur-Mer

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شیوه‌های پایدار سرمایه‌گذاری می‌کند، در حالی که Hofseth Biocare نمونه بارز یک شرکت تخصصی است که پروتئین‌ها، روغن‌های دریایی و کلاژن را از جریان‌های جانبی ماهی استخراج می‌کند.

- TripleNine (دانمارک/نروژ): یک تولیدکننده بزرگ بین‌المللی از مواد اولیه دریایی، با تمرکز بر پودر ماهی و روغن ماهی پایدار از شیلات با مدیریت مسئولانه، که اغلب شامل محصولات جانبی نیز می‌شود.
- Thai Union Ingredients (تایلند): یک بازیگر کلیدی جهانی در غذاهای دریایی که به شدت در ارزش‌گذاری ماهی تن و سایر محصولات جانبی برای تولید پروتئین‌ها و روغن‌های دریایی سرمایه‌گذاری می‌کند.



شکل (۵۹-۴) جدول زنجیره ارزش شرکت copalis

هم چنین در جهان شرکت‌هایی با زیرساخت‌های زیست‌پالایشی متنوع، تخصص خود را در زیست‌توده دریایی، به ویژه برای تولید سوخت‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی، به کار می‌گیرند. برخی از این شرکت‌ها به شرح زیر هستند:

۱. Neste (فنلاند): Neste، یک رهبر جهانی در سوخت‌های تجدیدپذیر اشت که به طور فعال در حال بررسی و ترکیب مواد اولیه پایدار متنوع، (که به طور فزاینده‌ای شامل لیپیدهای مشتق شده از دریا می‌شود)، فرآیندهای پالایش زیستی برای تولید دیزل تجدیدپذیر و سوخت هوایی پایدار در محصولات خود است.

۲. TotalEnergies (فرانسه) و Eni (ایتالیا): این شرکت‌های بزرگ انرژی در حال سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته پالایش زیستی و زنجیره‌های تأمین، از جمله روغن‌های زیستی از جلبک‌ها و چربی‌های زائد، برای دستیابی به اهداف کربن‌زدایی در بخش‌های حمل و نقل و دریایی هستند. (SAF).

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

متخصصان بیوتکنولوژی در حوزه زیست توده دریایی، شرکت‌های کوچک‌تر و بسیار نوآوری هستند که بر کشت و استخراج میکرو و ماکروجلبک‌ها تمرکز دارند. نمونه‌های برجسته در سراسر اروپا و آمریکای شمالی یافت می‌شوند که بر میکروجلبک‌ها برای لیپیدها و رنگدانه‌های با ارزش بالا و ماکروجلبک‌ها (جلبک دریایی) برای مواد تخصصی مانند آلژینات، کاراگینان و فوکوئیدان مورد استفاده در مواد غذایی، دارویی و بیوپلاستیک‌ها تمرکز دارند. در این زمینه، مؤسسات دانشگاهی و تحقیقاتی رهبران تحقیقاتی برای توسعه فناوری‌های تبدیل غیرتجاری و اعتبارسنجی پایداری استفاده از زیست توده دریایی حیاتی هستند. به طور مثال اروپا چندین پروژه یکپارچه دارد که توسط ابتکارات پشتیبانی می‌شوند. برخی از این موسسات به شحر زیر هستند:

۱. Horizon Europe اتحادیه اروپا که همکاری‌های فرامرزی را تقویت می‌کند.
۲. موسسه تحقیقاتی Wageningen Marine Research هلند که یک موسسه برتردر تحقیقات علمی مستقل و مشاوره در مورد مدیریت پایدار و استفاده از منابع دریایی بوده و در انتقال شیلات و آبزی‌پروری بسیار فعال است.
۳. موسسه دریایی (ایرلند) و موسسه دامپزشکی نروژ که شرکای کلیدی در پروژه‌های مشترک متعدد مانند ابتکار MARBioFEED، با تمرکز بر روش‌های بهبود یافته پالایش زیستی و تولید خوراک ریزجلبک‌ها.
۴. Plymouth Marine Laboratory (PML، UK): به شدت بر تحقیقات اقیانوس‌شناسی مربوط به تغییرات اقلیمی تمرکز دارند و خدمات کاربردی دریایی، اغلب شامل دینامیک زیست‌توده، ارائه می‌دهد.
۵. Scripps Institution of Oceanography (WHO): یکی از قدیمی‌ترین و بزرگ‌ترین مراکز علوم اقیانوس و زمین، ارائه تحقیقات بنیادی در مورد موجودات دریایی و اکوسیستم‌ها.
۶. Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, US): یک موسسه تحقیقاتی اقیانوسی مستقل برتر با مشارکت قابل توجه در مطالعات بیوتکنولوژی دریایی و زیست توده.

۵-۴-۴- کشاورزی پایدار

تغییر به سمت کشاورزی پایدار مستلزم درک دقیقی از ورودی‌های پیشرفته مانند آفت‌کش‌های زیستی[۱] و محرک‌های زیستی[۲] است که جایگزین‌های سازگار با محیط زیست برای مواد شیمیایی کشاورزی مرسوم ارائه می‌دهند. آفت‌کش زیستی عاملی مشتق‌شده از طبیعت است که برای کنترل آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی استفاده می‌شود و از طریق مکانیسم‌های غیرسمی و بسیار اختصاصی عمل می‌کند و اساساً آنها را از آفت‌کش‌های مصنوعی با طیف گسترده جدا می‌کند. آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA) آفت‌کش‌های زیستی را بر اساس منبع و عملکردشان به سه نوع اصلی طبقه‌بندی می‌کند[۱۲۱-۱۲۴]:

۱. آفت‌کش‌های میکروبی[۳]: اینها از یک میکروارگانیسم زنده - مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها یا تک یاخته‌ها - به عنوان ماده مؤثر تشکیل شده‌اند. نحوه عملکرد آنها پیچیده است و شامل آنتی‌بیوز (آزادسازی متابولیت‌های سمی که

[1] Biopesticide
[2] Biostimulator
[3] Microbial Pesticides

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

پاتوژن را مهار می‌کنند)، مایکوپارازیتیسم (که در آن یک قارچ مفید، مانند *Trichoderma spp*، مستقیماً به یک قارچ بیماری‌زا حمله کرده و آن را مصرف می‌کند)، رقابت (برتری در رقابت با پاتوژن‌ها برای مواد مغذی و فضای روی سیستم ریشه گیاه) و بیماری‌زایی حشرات (آلوده کردن آفات حشرات پس از بلع یا تماس) می‌شود. مشهورترین مثال (Bt) *Bacillus thuringiensis* است که پروتئین‌های کریستالی (سم‌های Cry) تولید می‌کند که به طور انتخابی به گیرنده‌های روده حشره متصل می‌شوند و باعث فلج روده و در نهایت مرگ می‌شوند.

۲. آفت‌کش‌های بیوشیمیایی[1]: اینها مواد طبیعی هستند که آفات را با روش‌های غیرسمی کنترل می‌کنند و اغلب رفتار یا رشد آنها را مختل می‌کنند. نمونه‌هایی از آنها شامل فرومون‌های جنسی حشرات است که در جفت‌گیری اختلال ایجاد می‌کنند و عصاره‌های گیاهی مختلف مانند روغن چریش (حاوی آزادیراختین) یا روغن‌های ضروری. مکانیسم‌های آنها معمولاً شامل تنظیم رشد (برای مثال، آزادیراکتین، هورمون‌های حشرات را تقلید می‌کند و مانع پوست‌اندازی و دگردیسی می‌شود) یا اثرات ضدتغذیه‌ای/دفع‌کننده است که آفات را از تغذیه از محصول باز می‌دارد.

۳. محافظ‌های گیاهی[2] (PIPs): اینها مواد آفت‌کشی هستند که توسط گیاهان از مواد ژنتیکی اضافه شده به گیاه تولید می‌شوند. رایج‌ترین مثال، ژن پروتئین Bt است که در پنبه و ذرت گنجانده شده است، جایی که خود گیاه پروتئینی را تولید می‌کند که برای آفات تغذیه‌کننده سمی است. در حالی که توسط برخی از تنظیم‌کننده‌ها به عنوان آفت‌کش‌های زیستی طبقه‌بندی می‌شوند، استفاده از آنها شامل اصلاح ژنتیکی است که می‌تواند نقطه تمایز در برخی از بازارهای نظارتی و ارگانیک باشد.

محرک زیستی گیاهی به طور دقیق به عنوان ماده یا میکروارگانیسمی تعریف می‌شود که وقتی روی گیاه یا ریزوسفر (منطقه ریشه) آن اعمال می‌شود، فرآیندهای طبیعی را برای افزایش بهره‌وری استفاده از منابع، تحمل تنش‌های غیرزیستی و کیفیت محصول، صرف نظر از محتوای مواد مغذی خود، تحریک می‌کند. مکانیسم‌های عمل در محرک های زیستی فیزیولوژیکی و مولکولی هستند، نه مستقیماً آفت‌کش. دسته‌های کلیدی محرک های زیستی عبارتند از[۱۲۱-۱۲۴]:

۱. اسیدهای هیومیک و فولویک: این مولکول‌های آلی بزرگ که از تجزیه مواد آلی حاصل می‌شوند، ساختار خاک را بهبود می‌بخشند، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) را افزایش می‌دهند و با تشکیل کمپلکس‌های کلات، فراهمی زیستی و جذب ریزمغذی‌ها را افزایش می‌دهند.

۲. ۲. عصاره‌های جلبک دریایی و عصاره‌های جلبک: این مواد، منابع غنی از پلی‌ساکاریدهای پیچیده (مانند آلژینات‌ها و لامینارین‌ها)، اسیدهای آمینه و فیتوهورمون‌های طبیعی (مانند اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها) هستند. آنها رشد ریشه را تحریک می‌کنند، متابولیسم کلی گیاه را افزایش می‌دهند و مشخص شده است که مقاومت اکتسابی سیستمیک (SAR) را که مکانیسم دفاعی وسیع گیاه در برابر استرس است، ایجاد می‌کنند.

۳. هیدرولیزات‌های پروتئین و اسیدهای آمینه: این مخلوط‌های اسیدهای آمینه و پپتیدها جذب و کارایی نیتروژن را افزایش می‌دهند، سنتز کلروفیل را تقویت می‌کنند و به عنوان پیش‌سازهایی برای هورمون‌های گیاهی و مولکول‌های سیگنال‌دهنده که استرس را کاهش می‌دهند، عمل می‌کنند. به عنوان مثال، تجمع پرولین یک پاسخ شناخته شده به تنش خشکی و شوری است که محرک‌های زیستی مبتنی بر اسید آمینه می‌توانند از آن پشتیبانی کنند.

---

[1] Biochemical Pesticides

[2] lant-Incorporated Protectants (PIPs)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

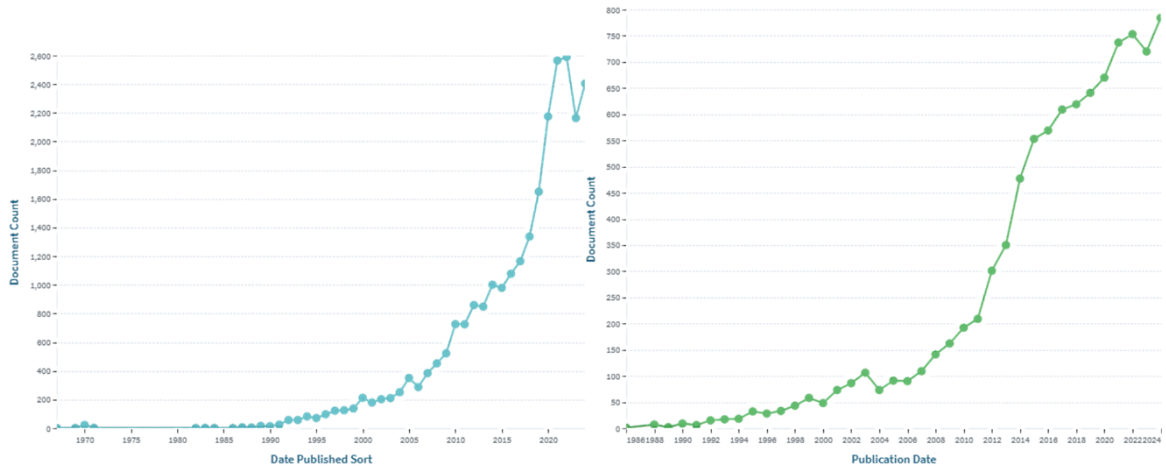
۴. محرک‌های زیستی میکروبی: این دسته شامل قارچ‌های مفید (مانند قارچ‌های میکوریز آربوسکولار - AMF) و باکتری‌ها (مانند PGPR مانند گونه‌های آزتوباکتر یا باسیلوس) می‌شود. اقدامات آنها شامل تثبیت نیتروژن (تبدیل نیتروژن اتمسفری به شکل قابل دسترس برای گیاه)، حل کردن فسفات (در دسترس قرار دادن فسفر موجود در خاک) و تولید هورمون‌های گیاهی (مانند اکسین‌ها) است که تکثیر ریشه را تحریک می‌کنند و به طور مؤثر توانایی گیاه را برای جستجوی آب و مواد مغذی افزایش می‌دهند.

پیوند پیچیده بین این دو دسته، که اغلب به عنوان مواد بیولوژیکی کشاورزی گروه‌بندی می‌شوند، در اثر هم‌افزایی آنها در یک برنامه مدیریت یکپارچه محصولات کشاورزی (ICM) نهفته است. در حالی که آفت‌کش‌های زیستی بر دفاع (تنش زیستی) تمرکز دارند، محرک‌های زیستی بر عملکرد و تاب‌آوری (تنش غیرزیستی و کارایی) تمرکز دارند. محصولی که با یک محرک زیستی تیمار می‌شود، ممکن است رشد ریشه‌ای افزایش‌یافته و دفاع سیستمیک قوی‌تری را نشان دهد و آن را در برابر حمله آفات و بیماری‌ها کمتر مستعد کند. این تقویت پیشگیرانه به این معنی است که هنگام شیوع آفت، می‌توان از یک آفت‌کش زیستی به عنوان یک درمان هدفمند، اغلب با دوز پایین‌تر، استفاده کرد که با هدف مدیریت تلفیقی آفات (IPM) مبنی بر استفاده از مواد شیمیایی فقط بر اساس "نیاز" همسو است. مرز بین این دو مفهوم اغلب مبهم است؛ یک محصول میکروبی واحد، مانند یک گونه باسیلوس، ممکن است به دلیل متابولیت‌های سرکوب‌کننده مستقیم پاتوژن خود به عنوان یک آفت‌کش زیستی ثبت شود، اما همزمان با تقویت ژن‌های دفاعی گیاه میزبان یا بهبود جذب مواد مغذی به عنوان یک محرک زیستی عمل کند. این عملکرد دوگانه یک روند اصلی بازار جهانی است که باعث ادغام و نوآوری در بخش مواد بیولوژیکی می‌شود. بازار این دو مفهوم روند رو به رشدی در جهان را دارا می‌باشد.

جدول (۳-۴) بازار حوزه کشاورزی پایدار

حوزه	CAGR	بازارجهانی	منابع
آفت کش زیستی	۱۵-۱۶٪	۱۰-۱۲.۱ بیلیون دلار	[۱۲۵, ۱۲۶]
محرک زیستی	۷.۶-۱۲٪	۷.۸۴-۱۱.۲ بیلیون دلار	[۱۲۷]

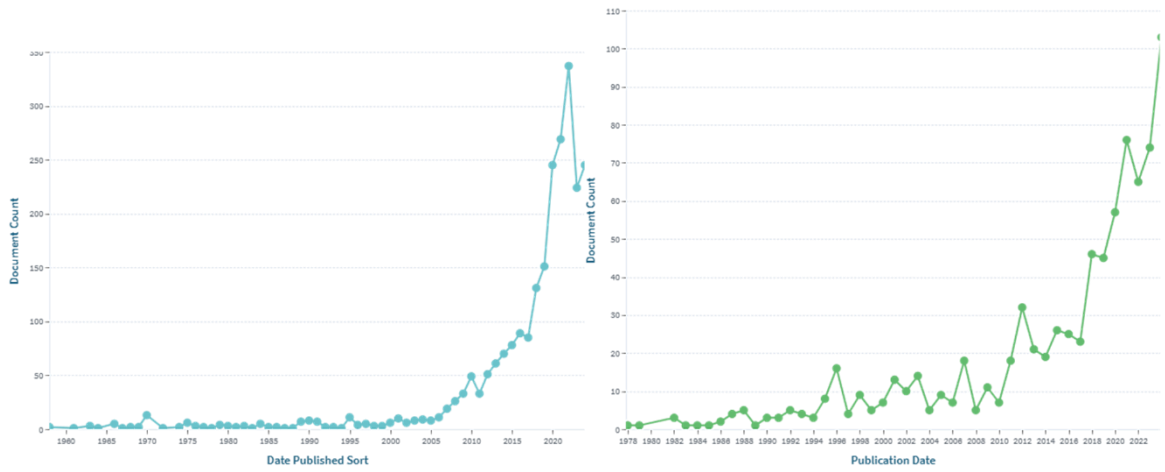
شکل زیر روند صعودی مقالات و پتنت‌های مربوط به این دو مفهوم را نمایش می‌دهد.



شکل (۶۰-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای آفت کش زیستی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۶۱-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای محرک‌های زیستی

بسیاری از بزرگ‌ترین شرکت‌های تولیدکننده مواد شیمیایی کشاورزی و بذر در جهان، برای ادغام کسب‌وکارهای مربوط به آفت‌کش‌های زیستی و محرک‌های زیستی در محصولات اصلی خود، خریدهای استراتژیک قابل توجهی انجام داده‌اند. این بازیگران از شبکه‌های توزیع جهانی خود بهره می‌برند. برخی ازز بازیگران عمده عبارتند از:

۱. BASF SE (آلمان): یک شرکت بزرگ شیمیایی جهانی با سبد قابل توجهی از آفت‌کش‌های زیستی و محرک‌های زیستی مبتنی بر میکروبی.

۲. Bayer AG (آلمان): یک شرکت پیشرو در علوم زراعی که محصولات بیولوژیکی را به صورت استراتژیک در راه‌حل‌های کلی حفاظت از محصولات و تیمار بذر خود ادغام کرده است.

۳. Syngenta (سوئیس/چین): طیف گسترده‌ای از مواد بیولوژیکی را ارائه می‌دهد و اغلب آنها را به عنوان ابزارهای مکمل در برنامه‌های حفاظت از محصولات متعارف خود قرار می‌دهد.

۴. Sumitomo Chemical Company Ltd. (SCC) / Sumitomo Biorational Company LLC (SBC): SCC، از طریق شرکت‌های تابعه خود مانند Valent BioSciences (پیشگام در فناوری‌های زیستی) و MGK، نیروی غالبی است که یک مرکز جهانی تعالی برای نوآوری زیستی ایجاد می‌کند.

۵. UPL (هند): حضور قابل توجه و سبد محصولات بیولوژیکی به سرعت در حال گسترش دارد و بر کشاورزی پایدار در بازارهای جهانی تمرکز دارد.

۶. Valagro (ایتالیا)، Biolchim (ایتالیا)، Isagro (ایتالیا)، Trade Corporation International شرکت‌های مدیترانه‌ای اغلب در محصولاتی مانند عصاره‌های جلبک دریایی، هیدرولیزات‌های پروتئین و اسیدهای هیومیک/فولویک تخصص دارند.

۷. Koppert Biological Systems (هلند)، Certis USA (ایالات متحده)، Novozymes Biologicals (دانمارک)Koppert هم به خاطر آفت‌کش‌های زیستی و هم به خاطر حشرات/ماکروبی‌های مفید بسیار شناخته شده است.

۸. Novozyme یکی از ارائه‌دهندگان اصلی راه‌حل‌های مبتنی بر میکروبی است

۹. SAN Agrow (اتریش/ایالات متحده)، Marrone Bio Innovations (ایالات متحده) بر توسعه محصولات مبتنی بر میکروبی و عصاره گیاهی، با تحقیق و توسعه داخلی قوی (R&D) برای گونه‌های میکروبی جدید تمرکز دارند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

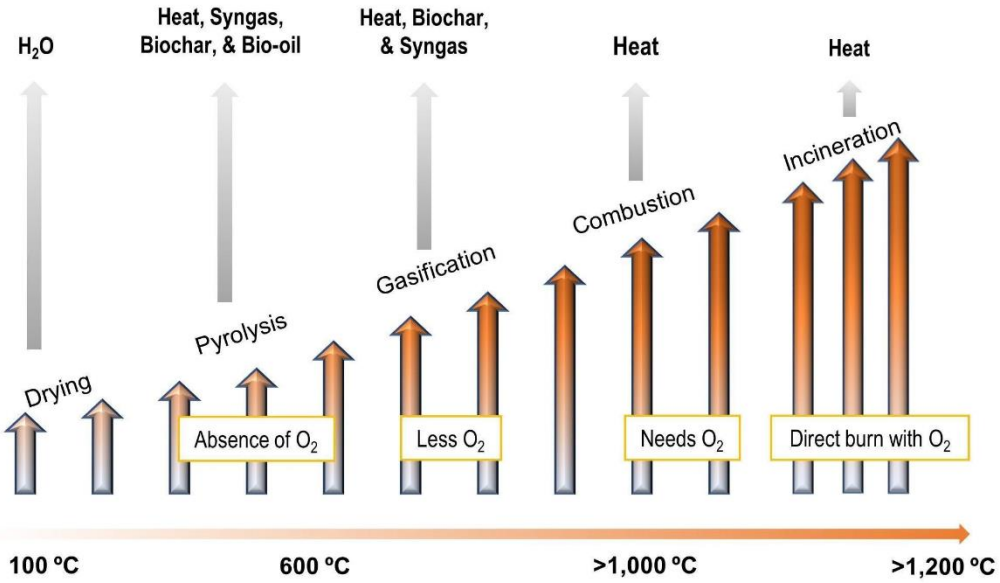
۱۰. Coromandel International Ltd. (هند): یک شرکت بزرگ کود، حفاظت از محصولات و مواد مغذی با سبد رو به رشدی در آفت‌کش‌های زیستی و کودهای زیستی، به ویژه در منطقه آسیا و اقیانوسیه.

۱۱. Dhanuka Agritech Limited (هند): گسترش حضور خود در فضای کودهای زیستی و محرک‌های زیستی، توانمندسازی کشاورزی محلی با طیف متنوعی از راه‌حل‌های نهاده‌های کشاورزی.

۱۲. Mycorrhizal Applications (ایالات متحده): یک بازیگر کلیدی با تمرکز بر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AMF) و سایر محرک‌های زیستی میکروبی مفید برای افزایش جذب مواد مغذی و آب.

۶-۴-۴- فرایندهای ترموشیمیایی

فرآیندهای ترموشیمیایی[1] مجموعه‌ای حیاتی از فناوری‌ها را نشان می‌دهند که برای گذار مدرن به سمت پایداری و یک مدل اقتصاد چرخشی واقعی حیاتی هستند. این فرآیندها اساساً بر کاربرد گرما و شرایط شیمیایی کنترل‌شده برای تجزیه مواد آلی و کربنی پیچیده - مانند زیست‌توده، پسماندهای کشاورزی و پلاستیک‌های زباله - به محصولات نهایی ساده و ارزشمند متکی هستند. این روش‌ها، از جمله پیرولیز و گازسازی، کلید استفاده از منابع زیست‌توده برای تولید انرژی و سنتز سوخت‌های زیستی هستند و در نتیجه، راه‌حل‌های انرژی پایدار را پیش می‌برند[۱۲۸]. اهمیت اصلی آنها در توانایی آنها در ارزش‌آفرینی زباله، تبدیل مواد اولیه کم‌ارزش یا مشکل‌ساز که در غیر این صورت در محل‌های دفن زباله قرار می‌گیرند، به حامل‌های انرژی، سوخت‌ها و واسطه‌های شیمیایی قابل استفاده است.



شکل (۶۲-۴) پنج نوع رایج از فرآیندهای ترموشیمیایی طبقه بندی شده بر اساس دما و سطح اکسیژن [۱۲۹]

یک تکنیک ترموشیمیایی اصلی پیرولیز[2] است که به عنوان تجزیه حرارتی مواد آلی در یک اتمسفر کاملاً بی‌اثر (عاری از

[1] Thermochemical process

[2] Pyrolysis

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اکسیژن) تعریف می‌شود و معمولاً در دماهای بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد رخ می‌دهد. این فرآیند با احتراق یا گازسازی متفاوت است زیرا حضور اکسیژن را به شدت محدود می‌کند و سه محصول اصلی تولید می‌کند:

۱. مایع (روغن زیستی[۱])
۲. گاز (گاز سنتزی[۲])
۳. باقیمانده جامد غنی از کربن که به عنوان بیو-اویل شناخته می‌شود[۱۳۰, ۱۳۱].

در صنعت، پیرولیز نه تنها برای تولید اتیلن و سایر مواد شیمیایی از نفت، بلکه برای کاربردهای مدرن‌تر و چرخشی مانند تبدیل پلاستیک‌های زباله به روغن قابل استفاده و تبدیل زیست‌توده به گاز سنتز و بیوچار نیز به کار می‌رود. یک مدل بسیار چرخشی شامل ادغام فناوری آسیاب با پیرولیز بیوچار[۳] برای تبدیل زباله‌های جامد شهری (MSW) به بیوگاز و پودر کربن سیاه صنعتی با ارزش بالا از بیوچار حاصل است[۱۲۸, ۱۳۲, ۱۳۳]. این ادغام، نمونه‌ای از یک سیستم حلقه بسته و یکپارچه است که امکان مدیریت پسماند را از نظر مالی فراهم می‌کند. محصول جامد، بیوچار، مسلماً یکی از جذاب‌ترین محصولات از منظر پایداری و کاهش تغییرات اقلیمی است. بیوچار که به عنوان ماده‌ای غنی از کربن ساخته شده از زیست‌توده تجزیه‌شده حرارتی تعریف می‌شود، اغلب در خاک‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختار بسیار پایدار آن به کربن اجازه می‌دهد تا برای مدت طولانی در خاک به صورت ایزوله باقی بماند و به صورت CO2 به جو آزاد نشود. ابتکار بین‌المللی بیوچار آن را به عنوان یک استراتژی برتر برای معکوس کردن اثرات تغییرات اقلیمی ارزیابی می‌کند، زیرا ذخیره‌سازی دائمی کربن را ارائه می‌دهد و همزمان سلامت خاک را افزایش می‌دهد، احتباس آب را بهبود می‌بخشد و حاصلخیزی کلی را افزایش می‌دهد و به طور موثر حلقه‌های کربن و مواد مغذی را می‌بندد[۱۳۲]. به عنوان مثال، در مناطق تولیدکننده کاکائو، تبدیل پوسته غلاف کاکائو به بیوچار از انتشار متان (یک گاز گلخانه‌ای قوی) جلوگیری می‌کند و یک اصلاح‌کننده ارزشمند خاک فراهم می‌کند و کشاورزان را مستقیماً به یک اقتصاد چرخشی پایدار و مقیاس‌پذیر متصل می‌کند[۱۳۳].

گازسازی[۴] یکی دیگر از فرآیندهای ترموشیمیایی اصلی است که مواد کربنی را به گاز سنتز (syngas) تبدیل می‌کند، مخلوطی که عمدتاً از هیدروژن و مونوکسید کربن تشکیل شده است. این فرآیند در دماهای بالاتر (۷۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد) نسبت به پیرولیز عمل می‌کند و از مقدار محدود و کنترل‌شده‌ای از اکسیژن یا بخار استفاده می‌کند. گاز سنتز یک واسطه قدرتمند و انعطاف‌پذیر است که می‌تواند مستقیماً برای تولید انرژی پاک یا مهم‌تر از آن برای اقتصاد چرخشی، به عنوان یک بلوک سازنده شیمیایی برای محصولات با ارزش بالا استفاده شود[۱۳۴].

پیوند حیاتی بین گازی‌سازی و تولید سوخت‌های تجدیدپذیر پیشرفته، سنتز فیشر-تروپش[۵] (FT) است. فرآیند FT یک واکنش کاتالیزوری است که H2 و CO2 موجود در گاز سنتز را می‌گیرد و آنها را به نفت خام مصنوعی تبدیل می‌کند، که سپس می‌تواند به هیدروکربن‌های مایع «قطره‌ای»[۶] مانند سوخت پایدار هوانوردی (SAF) ، بیو دیزل و سوخت‌های الکترونیکی

[1] Bio-oil
[2] Syngas
[3] Biochar
[4] Gasification
[5] Fischer-Tropsch (FT) synthesis
[6] "Drop-in" liquid hydrocarbons

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تبدیل شود. این فرآیند هنگام استفاده از گاز سنتز مشتق شده از زیست توده، به عنوان تبدیل زیست توده به مایعات[1] (BTL) شناخته می‌شود. برای بخش‌هایی که کاهش انتشار کربن در آنها دشوار است، مانند هوانوردی، سنتز FT یک مسیر تجاری برای کاهش انتشار کربن با تولید سوخت‌هایی است که از نظر شیمیایی با سوخت جت معمولی یکسان هستند و با موتورها و زیرساخت‌های موجود سازگارند[۱۳۵]. علاوه بر این، این فناوری به طور فزاینده‌ای برای ایجاد سوخت‌های الکترونیکی با سنتز هیدروکربن‌ها از CO2 جذب شده (اغلب از طریق جذب مستقیم هوا یا DAC) و هیدروژن سبز استفاده می‌شود که نشان‌دهنده یک رویکرد پیشرفته و بدون کربن برای تولید سوخت است[۱۳۶].

مایع‌سازی هیدروترمال[2] (HTL) یک رویکرد ترموشیمیایی منحصر به فرد و متمایز ارائه می‌دهد که به طور خاص برای زیست‌توده مرطوب و مواد اولیه آلی غنی از رطوبت، مانند ریزجلبک‌ها، پسماندهای فرآوری مواد غذایی و لجن فاضلاب طراحی شده است. HTL از آب داغ تحت فشار (شرایط زیر بحرانی یا فوق بحرانی) در دماهای بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد برای تجزیه پلیمرهای آلی به یک محصول مایع معروف به روغن خام زیستی استفاده می‌کند[۱۳۷]. مزیت اصلی HTL در یک سیستم چرخشی، توانایی آن در دور زدن مرحله انرژی‌بر و پرهزینه خشک کردن مواد اولیه است[۱۳۷]. این فرآیند به طور موثر این زباله‌های مرطوب مشکل‌ساز را به یک ماده خام زیستی پرانرژی تبدیل می‌کند که می‌تواند به سوخت‌های حمل و نقل ارتقا یابد. نکته مهم این است که HTL همچنین یک فاز آبی غنی از مواد مغذی تولید می‌کند. این مرحله که حاوی ترکیبات ارزشمندی مانند نیتروژن و فسفر است، می‌تواند به عنوان کود یا برای کشت مواد اولیه بیشتر (مانند جلبک) بازیابی و دوباره به سیستم کشاورزی بازگردانده شود و در نتیجه چرخه‌های انرژی و مواد مغذی را برای عملیاتی واقعاً پایدار ببندد[۱۳۸].

این روش‌های تبدیل ترموشیمیایی - از پیرولیز و محصول جامد آن، بیوچار، گرفته تا گازسازی که فرآیند FT را تغذیه می‌کند، و قابلیت منحصر به فرد زباله‌های مرطوب HTL - در مجموع، گذار جهانی از اقتصاد خطی به اقتصاد چرخشی را تسریع می‌کند. این روش‌ها، بازیابی انرژی، سوخت‌ها و مواد با ارزش افزوده را از جریان‌های مختلف زباله امکان‌پذیر می‌کنند و آن‌ها را به عنوان فناوری‌های ضروری برای دستیابی به انتشار خالص صفر جهانی و تقویت استقلال منابع قرار می‌دهند.

حوزه تبدیل ترموشیمیایی توسط ترکیبی از شرکت‌های بزرگ و معتبر انرژی و مهندسی، دارندگان مجوز فناوری تخصصی و استارتاپ‌های نوآور هدایت می‌شود که همگی بر تجاری‌سازی راه‌حل‌های انرژی پایدار و اقتصاد چرخشی متمرکز هستند. بازیگران کلیدی را می‌توان بر اساس فرآیند ترموشیمیایی خاص و نقش آنها در زنجیره ارزش (توسعه فناوری، ساخت کارخانه یا تولید محصول) طبقه‌بندی کرد.

تولید پیرولیز و بیوچار

این بخش توسط شرکت‌های فناوری تخصصی و بازیگران منطقه‌ای متمرکز بر ارزش‌گذاری ضایعات محلی و محصولات کربنی با کیفیت بالا مشخص می‌شود.

۱. Envigas (سوئد): یک بازیگر مهم اروپایی با تمرکز بر راهکارهای پیرولیز و بیوکربن، متخصص در تبدیل پسماندهای جنگلداری و صنایع چوب به بیوکربن (نوعی بیوچار) با کیفیت عالی برای کاربردهای صنعتی، به ویژه جایگزینی سوخت‌های فسیلی در بخش فولاد. آنها کارخانه‌های پیرولیز با دقت بالا و در مقیاس بزرگ را می‌سازند، مالکیت و

[1] Biomass-to-Liquids (BTL)

[2] Hydrothermal Liquefaction (HTL)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اداره می‌کنند.

۲. Takachar (ایالات متحده/جهانی): یک بازیگر نوآور با ریشه در تحقیقات MIT، متخصص در توسعه تجهیزات پیرولیز قابل حمل و کوچک که برای ارتقاء پسماندهای کشاورزی و جنگلی در محل در جوامع روستایی طراحی شده‌اند. راهکار آنها تولید محصولات زیستی را غیرمتمرکز می‌کند، ترکیبات کود مبتنی بر بیوچار با ارزش بالا ایجاد می‌کند و کشاورزان را به بازار سودآور کربن متصل می‌کند.

۳. Vortair (استرالیا): این شرکت یک رویکرد چرخشی یکپارچه را نشان می‌دهد و فناوری آسیاب خود را با پیرولیز بیوچار ترکیب می‌کند تا پسماند جامد شهری (MSW) را به کربن سیاه (یک محصول صنعتی با ارزش بالا) و بیوگاز تبدیل کند و یک مدل سودآور از تبدیل زباله به ثروت را به نمایش بگذارد.

۴. Eni (ایتالیا/جهانی): انی به عنوان یک شرکت بزرگ انرژی، از طریق شرکت تابعه خود ورسالیس که دارای فناوری اختصاصی هوپ پیرولیز برای بازیافت شیمیایی زباله‌های پلاستیکی است، در حال پیشرفت در زمینه پیرولیز است و آن را در پروژه‌های بزرگ پالایشگاه زیستی در کنار برنامه‌های تولید سوخت زیستی خود ادغام می‌کند.

فناوری گازسازی و تولید گاز سنتز (Syngas)

گازسازی توسط شرکت‌های بزرگ مهندسی صنعتی که مجوز ساخت و راه‌اندازی کارخانه‌های بزرگ را دارند و شرکت‌های نوآور متمرکز بر تبدیل زباله به مواد شیمیایی، هدایت می‌شود.

۱. Linde (جهانی): یک شرکت پیشرو در زمینه گازهای صنعتی و مهندسی جهانی که فناوری‌های ضروری فرآیند گازسازی و منابع گاز (مانند اکسیژن، یک واکنش‌دهنده کلیدی) لازم برای تأسیسات گازسازی زیست‌توده و زباله در مقیاس بزرگ را فراهم می‌کند. انرکم (کانادا): یک ارائه‌دهنده فناوری جهانی که در تبدیل طیف گسترده‌ای از زباله‌ها و پسماندهای غیرقابل بازیافت به سوخت‌های کم‌کربن و مواد شیمیایی چرخشی (مانند متانول) با استفاده از فناوری منحصر به فرد گازسازی خود تخصص دارد. آنها کارخانه‌ها و خط لوله‌ای از پروژه‌های جدید را به صورت تجاری مستقر کرده‌اند و اغلب در پالایشگاه‌های زیستی بزرگ (مانند اکوپلانتا) با یکدیگر همکاری می‌کنند.

۲. General Electric (GE), Mitsubishi Heavy Industries, Siemens, and Thyssenkrupp AG: این غول‌های جهانی مهندسی و فناوری، رهبران سنتی در بازار گازسازی در مقیاس بزرگ‌تر هستند و اغلب از این فناوری در فرآیندهای تبدیل زغال سنگ به برق و شیمیایی صنعتی استفاده می‌کنند و به طور فزاینده‌ای آن را برای زیست توده و خوراک زباله تطبیق می‌دهند.

سنتز فیشر-تروپش (FT)

حوزه FT تحت سلطه شرکت‌هایی است که فناوری کاتالیزور و راکتور را توسعه داده و مجوز می‌دهند و گروه‌های انرژی بزرگی که تأسیسات تولیدی عظیم را اداره می‌کنند.

۱. Sasol (آفریقای جنوبی): رهبر بلامنازع جهانی در مقیاس اجرای فناوری تبدیل سوخت به سوخت (FT)، که بزرگ‌ترین کارخانه سوخت مصنوعی تبدیل زغال سنگ به مایع (CTL) جهان را در سکوندا اداره می‌کند. آنها یک مجوز دهنده فناوری حیاتی در سطح جهان هستند و اغلب در پروژه‌های پایدار جدید مانند کارخانه e-Fuels در دانمارک همکاری می‌کنند..

۲. Velocys (بریتانیا): یک مجوز دهنده فناوری با تمرکز بر راکتورهای میکروکانال FT و کاتالیزورهای پیشرفته. آنها

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

یک عامل کلیدی برای پروژه‌های سوخت پایدار هوانوردی (SAF) مشتق شده از زیست توده و زباله BTL هستند و با موفقیت استفاده از SAF مشتق شده از تراشه چوب را در پروازهای تجاری نشان داده‌اند

۳. Johnson Matthey and BP: توسعه دهندگان مشترک فناوری FT CANS™، که از ظروف کاتالیزور مدولار برای تبدیل کارآمد گاز سنتز استفاده می‌کند. این فناوری برای آنچه که ادعا می‌شود بزرگ‌ترین مرکز تولید FT SAF جهان در لوئیزیانا است، انتخاب شده است و قرار است از زیست توده زباله به عنوان خوراک استفاده کند.

۴. Shell (هلند/جهانی): یکی از بزرگ‌ترین مراکز FT گاز به مایع (GTL) جهان را در مالزی اداره می‌کند و به طور فعال در توسعه کاتالیزورها و فناوری‌های سوخت‌های پایدار مشارکت دارد.

۵. Dimensional Energy (ایالات متحده آمریکا): با تمرکز بر بخش نوظهور e-Fuels، آنها در تبدیل دی اکسید کربن جذب شده (CO2) به گاز سنتز و سپس تبدیل آن به گاز طبیعی تخصص دارند. سوخت‌های مایع از طریق فرآیند FT خود، رویکردی واقعاً چرخه‌ای کربن را به نمایش می‌گذارند.

مایع‌سازی هیدروترمال (HTL)

HTL یک حوزه نوظهور است که عمدتاً توسط کنسرسیوم‌های تحقیقاتی دانشگاهی و صنعتی و همچنین استارت‌آپ‌های تخصصی فناوری پاک هدایت می‌شود.

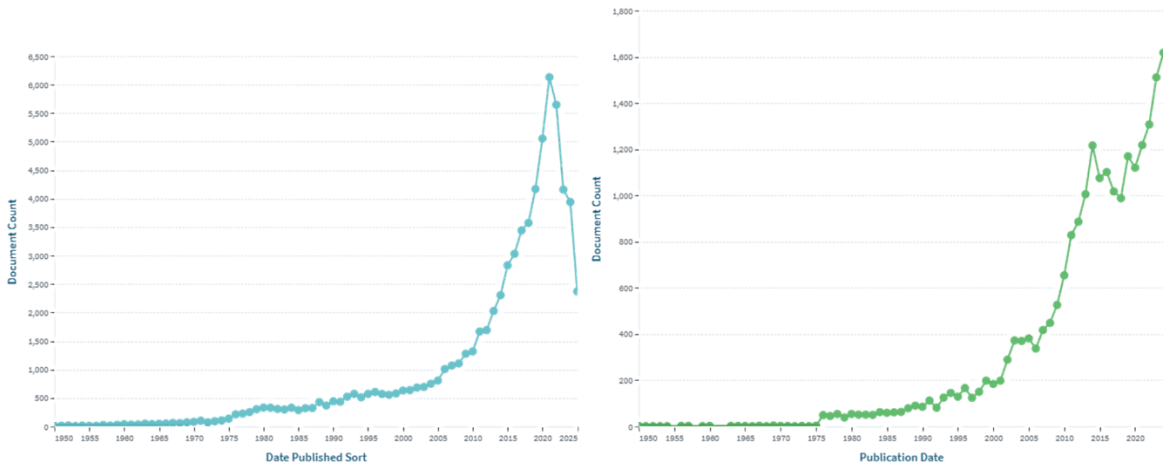
۱. مرکز تحقیقات فنی VTT فنلاند: به عنوان یکی از سازمان‌های تحقیقاتی پیشرو در اروپا، VTT یک مرکز آزمایشی Bioruukki اختصاصی با زیرساخت‌های جهانی برای تبدیل ترموشیمیایی، از جمله امکانات آزمایشگاهی به آزمایشگاهی برای HTL (تحقیقات VTT) دارد. آنها یک مرکز کلیدی برای تحقیق و آزمایش و انتقال فناوری به شرکای صنعتی هستند.

۲. پروژه‌های European Horizon Projects (به عنوان مثال، SUSTAFUELS Cluster): پروژه‌های تحقیقاتی مشترک بزرگی مانند SUNFUSION در حال پیشرفت فناوری HTL هستند و بر تبدیل ریزجلبک‌ها و زباله‌های بیوژنیک به سوخت‌های زیستی پیشرفته تمرکز دارند و اغلب انرژی خورشیدی را برای دستیابی به تولید بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای و مدیریت واقعاً چرخه‌ای مواد مغذی ادغام می‌کنند.

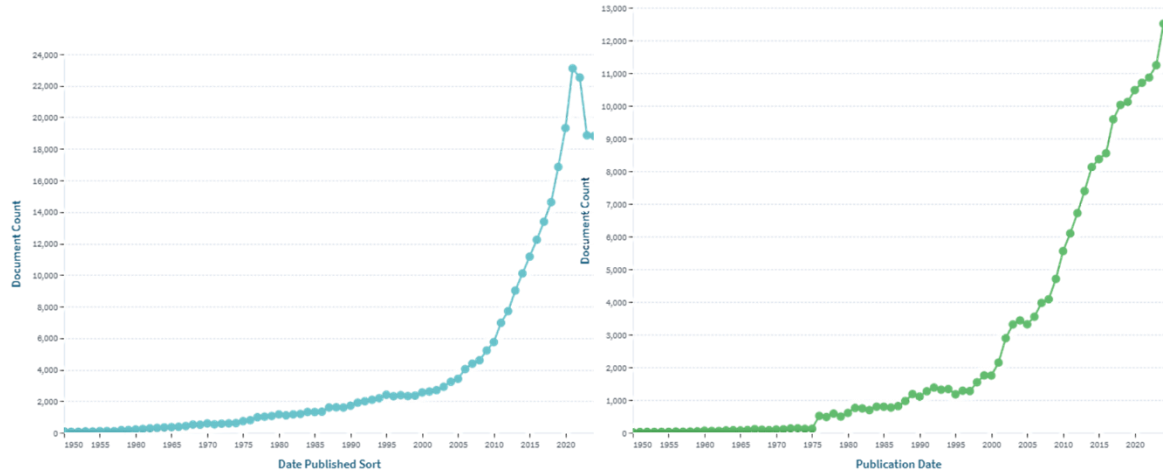
این بازیگران، از شرکت‌های چندملیتی گرفته تا استارتاپ‌های چابک، در مجموع ستون فقرات اقتصاد زیستی پایدار و چرخشی را تشکیل می‌دهند و انتقال زباله به سوخت‌های نسل بعدی، مواد شیمیایی و اصلاح‌کننده‌های خاک با کربن منفی را هدایت می‌کنند.

https://heiatelmi.ir

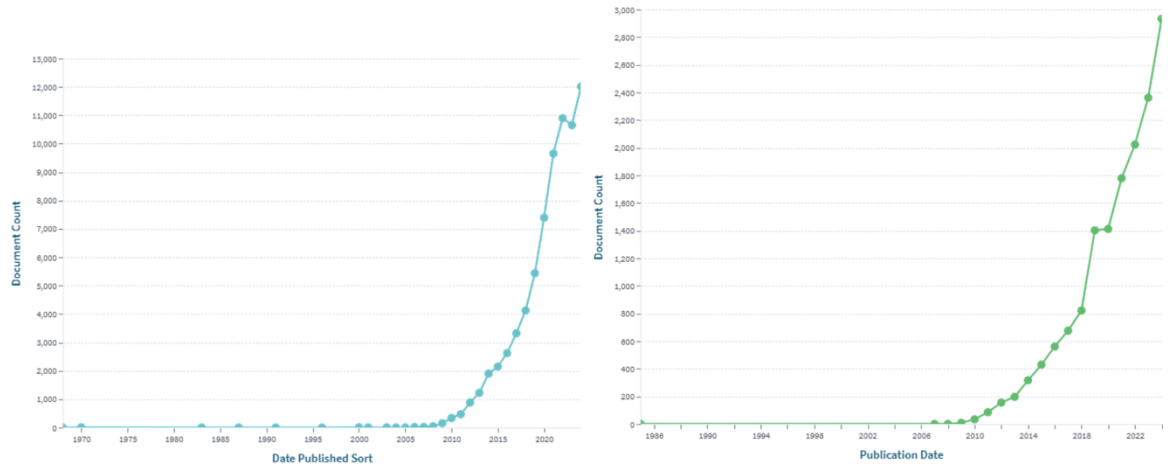
وب سایت هیات علمی



شکل (۶۳-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای فرایندهای ترموشیمیایی



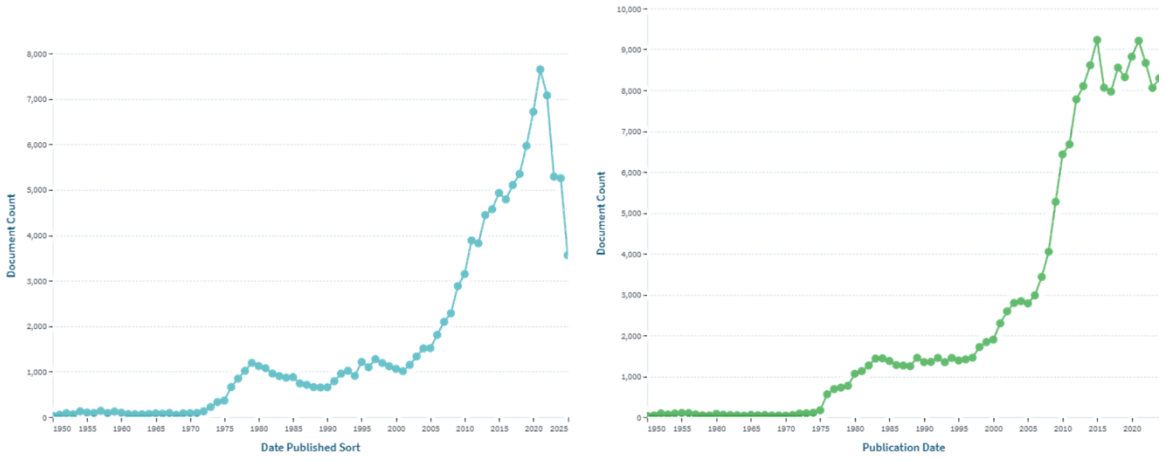
شکل (۶۴-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای پیرولیز



شکل (۶۵-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای بیوچار

https://heiatelmi.ir

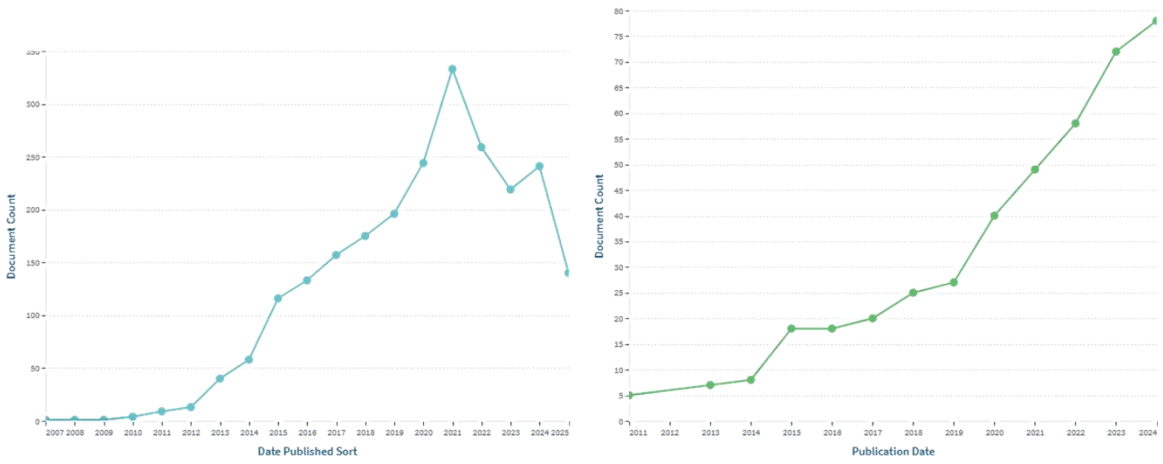
وب سایت هیات علمی



شکل (۶۶-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای گازی سازی



شکل (۶۷-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای فیشر-تروپش (FT)



شکل (۶۸-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای مایع سازی هیدرترمال (HTL)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۷-۴-۴- ترکیبات ارزش افزوده بیوژنیک

ترکیبات بیوژنیک با ارزش افزوده[1] (VABC) مولکول‌ها و مواد آلی مشتق شده از زیست توده هستند که شامل پسماندهای کشاورزی و جنگلی، جریان‌های زباله آلی و محصولات زیستی اختصاصی می‌شوند و ارزش تجاری بالاتری نسبت به مواد اولیه خام یا محصولات انرژی ساده دارند [۱۳۹]. این ترکیبات اغلب مواد شیمیایی یا پلیمرهای پیچیده و با عملکرد خاص هستند که در کاربردهای غیرانرژی استفاده می‌شوند و آنها را از سوخت‌های زیستی فله‌ای متمایز می‌کنند. هدف از تولید VABCها جایگزینی مواد پتروشیمی با جایگزین‌های پایدار است، در نتیجه وابستگی به منابع فسیلی کاهش یافته و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد[۱۴۰]. تولید مواد شیمیایی و پلیمرهای زیستی در حال حاضر قابل توجه است و حدود ۹۰ میلیون تن در سطح جهان تخمین زده می‌شود، اگرچه هنوز کسری از صنعت پتروشیمی است[۱۳۹].VABC ها طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی را شامل می‌شوند که اغلب به عنوان مواد شیمیایی پلتفرم، مواد شیمیایی ویژه و بیوپلیمرها طبقه‌بندی می‌شوند که همگی بلوک‌های سازنده ضروری برای صنایع مختلف هستند. مواد شیمیایی پلتفرم واسطه‌های متنوعی هستند که می‌توانند از نظر شیمیایی به محصولات متعدد دیگری ارتقا یابند. نمونه‌های کلیدی شامل اسید سوکسینیک، اسید لاکتیک، گلیسرول (یک محصول جانبی بیودیزل) و اسید فوران‌دی‌کربوکسیلیک (FDCA) هستند[۱۴۱]. تخمیر یک روش تاریخی و فعلی برای تولید بسیاری از این مواد، به ویژه اتانول، لیزین و اسید سیتریک است[۱۳۹]. علاوه بر این، دی اکسید کربن بیوژنیک که از فرآوری زیست توده آزاد می‌شود، به طور فزاینده‌ای به ترکیبات با ارزش بالا مانند پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها (PHA) که پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر هستند و کربنات‌های مختلف مورد استفاده در پلاستیک‌ها و پوشش‌های پایدار تبدیل می‌شود [۱۴۰].

کاربردهای VABCها گسترده است و هم توسط ساختارهای مولکولی منحصر به فرد آنها و هم تقاضای مصرف کننده برای محصولات طبیعی و سازگار با محیط زیست هدایت می‌شود. در صنعت غذا، VABCها به عنوان افزودنی‌های طبیعی، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد ضد میکروبی و رنگ‌ها استفاده می‌شوند که اغلب از جریان‌های زباله مانند پساب شراب‌سازی بازیابی می‌شوند[۱۴۲]. بخش‌های داروسازی و لوازم آرایشی از ترکیبات زیست فعال مانند اسکاالن (یک آنتی‌اکسیدان طبیعی برای فرمولاسیون‌های محافظ در برابر آفتاب) و پپتیدها، پروتئین‌ها و پلی فنول‌های تخصصی مشتق شده به ویژه از زیست توده دریایی مانند ریزجلبک‌ها و جلبک‌های دریایی استفاده می‌کنند[۱۴۳, ۱۴۴]. سایر کاربردهای مهم شامل استفاده از ترکیبات بیوژنیک مانند سیترونلول در مواد ضد میکروبی جدید برای سیستم‌های نگهداری، و ایجاد پلاستیک‌های زیستی مانند پلی‌لاکتیک اسید و بیوپلی‌اتیلن برای دستیابی به کربن‌زدایی جهانی پلاستیک است [۱۴۴, ۱۴۵].

مفهوم ترکیبات بیوژنیک با ارزش افزوده ذاتاً با مدل پالایشگاه زیستی مرتبط است و منطق اصلی پشت پایداری و دوام تجاری آن را تشکیل می‌دهد. یک پالایشگاه زیستی به عنوان تأسیساتی تعریف می‌شود که مواد اولیه زیست‌توده را به طیفی از محصولات ارزشمند، از جمله سوخت‌ها، برق و مواد شیمیایی و مواد با ارزش بالا تبدیل می‌کند[۱۴۶]. هدف یک پالایشگاه زیستی مشابه یک پالایشگاه نفت معمولی است: به حداکثر رساندن ارزش استخراج شده از مواد اولیه با تبدیل آن به سبد متنوعی از محصولات، به جای فقط یک محصول. با تولید همزمان مواد شیمیایی و مواد با ارزش بالا (VABC) در کنار محصولات فله‌ای کم‌ارزش‌تر مانند سوخت‌های زیستی، اقتصاد کلی فرآیند تبدیل بهبود می‌یابد و به آن اجازه می‌دهد تا به

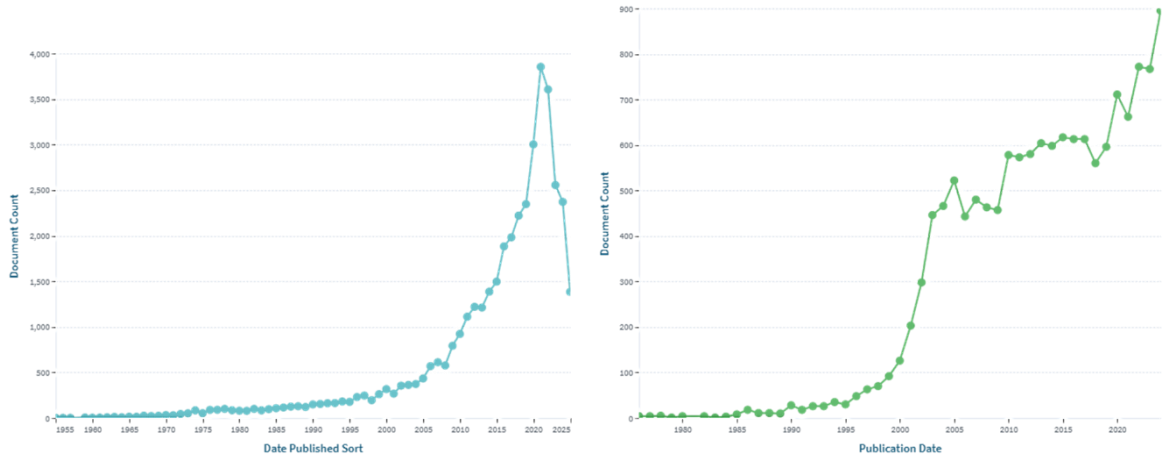
[1] Value-added biogenic compounds (VABCs)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

طور مؤثرتری با جایگزین‌های مبتنی بر فسیلی رقابت کند [۱۴۷]. این رویکرد یکپارچه برای به حداقل رساندن ضایعات بسیار مهم اســت، زیرا تضــمین می‌کند که بخش‌های مختلف زیســت توده - از کربوهیدرات‌ها و روغن‌ها گرفته تا لیگنین و CO_2 بیوژنیک - قبل از اسـتفاده نهایی ارزش‌گذاری می‌شـوند و در نتیجه یک سـیسـتم اقتصـاد زیسـتی دایره‌ای واقعاً پایدار را ترویج می‌دهند (مجله تحقیقات سوخت زیستی، ۲۰۲۵). به عنوان مثال، یک پالایشگاه زیستی ممکن است از تخمیر برای تولید اسید لاکتیک (VABC) اســتفاده کند و ســپس از باقیمانده‌ها برای تولید بیوچار یا بیوگاز اســتفاده کند و ضــایعات تقریباً صــفر را تضمین کند.

شکل زیر مقالات و پتنت‌های منتشر شده برای این حوزه را نمایش می‌دهد.



شکل (۶۹-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز)

حوزه VABC بسیار پراکنده است و شامل ترکیبی از غول‌های شیمیایی جهانی، شرکت‌های تخصصی بیوتکنولوژی و مؤسسات تحقیقاتی تحت حمایت دولت می‌شـود. از نظر تسـلط بر بازار در حوزه وسـیع‌تر بیوتکنولوژی که زیربنای تولید VABC اسـت، ایالات متحده به طور قابل توجهی پیشــرو اســت و تقریباً ۶۰٪ از ارزش بازار جهانی را به خود اختصــاص می‌دهد و پس از آن اتحادیه اروپا (۱۲٪) و چین (۱۱٪) قرار دارند[۱۴۸]. چشم‌انداز این حوزه متنوع است و اغلب بر اساس VABCهای خاصی که تولید می‌کنند، مانند بیوپلاسـتیک‌ها (پلیمرهای مشـتق شـده از زیسـت‌توده) یا مواد شـیمیایی بلوک‌های سـازنده زیسـتی (مانند اسید سوکسینیک و اسید لاکتیک) طبقه‌بندی می‌شوند.

شرکت‌های زیر اغلب به عنوان بازیگران اصلی در بازار مواد شیمیایی زیستی و بیوپلاستیک‌ها، که شامل VABCها نیز می‌شود، ذکر می‌شـوند. این غول‌های جهانی، تولید VABC را در سـبد محصـولات گسـترده خود، اغلب از طریق مواد "drop-in" و مواد زیستی جدید، ادغام می‌کنند:

- BASF SE (آلمان)
- The Dow Chemical Company (ایالات متحده آمریکا)
- Evonik Industries AG (آلمان)
- Lanxess AG (آلمان)
- Arkema S.A. (فرانسه)
- Mitsubishi Chemical Group Corporation (ژاپن)
- DSM (هلند)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شرکت‌های زیر در تولید بیوپلاستیک‌ها، که یک دسته اصلی محصول نهایی VABCها هستند، پیشرو هستند:

- NatureWorks LLC (ایالات متحده آمریکا): به خاطر Ingeo™ Polylactic Acid (PLA)، یک بیوپلاستیک پیشرو، شناخته شده است.
- Corbion (هلند) / Total Corbion PLA: بازیگر مهمی در PLA و اسید لاکتیک.
- Novamont S.p.A. (ایتالیا): متخصص در پلاستیک‌های زیستی زیست‌تخریب‌پذیر و کمپوست‌پذیر، به‌ویژه خط تولید Mater-Bi®.
- Braskem S.A. (برزیل): پیشگام در پلی‌اتیلن زیست‌پایه مشتق‌شده از اتانول نیشکر.
- Danimer Scientific (ایالات متحده آمریکا): بر پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر بر پایه PHA تمرکز دارد.

این شرکت‌ها به خاطر VABC های خاص و با حجم بالا مانند اسید سوکسینیک، اسید لاکتیک و الکل‌های زیستی که برای ساخت پلاستیک، رزین و سایر مواد استفاده می‌شوند، شناخته شده‌اند:

- Corbion (هلند): یک رهبر جهانی در اسید لاکتیک.
- Roquette Frères (فرانسه): در محصولات مبتنی بر نشاسته، از جمله مواد زیستی، اهمیت دارد.
- Reverdia (سرمایه‌گذاری مشترک): تولیدکننده کلیدی بیوسوکسینیک اسید (یک سرمایه‌گذاری مشترک سابق بین DSM و روکت) بود.
- Succinity (سرمایه‌گذاری مشترک): یکی دیگر از تولیدکنندگان عمده بیوسوکسینیک اسید (یک سرمایه‌گذاری مشترک سابق بین BASF و Corbion) بود.
- BioAmber (ایالات متحده آمریکا، سابقاً): یک شرکت کلیدی در تولید بیوسوکسینیک اسید بود.

۸-۴-۴- عصاره‌های مشتق شده از گیاهان غیردارویی

گیاهان غیردارویی[1] و عصاره‌های مشتق‌شده از آن‌ها، عمدتاً به دلیل چرخش جهانی به سمت پایداری، منابع طبیعی و توسعه اقتصاد زیستی چرخشی، به مواد اولیه حیاتی و رایج در بیوتکنولوژی صنعتی تبدیل شده اند محصولات مشتق شده از گیاهان غیرپزشکی به دلیل کاربردهای متنوع خود در صنایع مختلف، توجه قابل توجهی را در سراسر جهان به خود جلب کرده‌اند. این گیاهان برای طیف وسیعی از اهداف، از جمله مواد غذایی، آرایشی و بهداشتی، سوخت‌های زیستی، منسوجات و حتی در تولید مواد زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌شوند. روند به سمت محصولات پایدار و سازگار با محیط زیست، تقاضا برای مواد گیاهی غیرپزشکی را افزایش داده است، زیرا مصرف‌کنندگان و صنایع به دنبال جایگزین‌هایی برای گزینه‌های مصنوعی و مبتنی بر نفت هستند.

در صنعت غذا، از گیاهان غیرپزشکی برای ایجاد افزودنی‌های طبیعی، شیرین‌کننده‌ها و نگهدارنده‌ها استفاده می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به استفاده از گیاهانی مانند استویا و آگاو برای شیرین‌کننده‌ها یا پکتین مشتق شده از میوه‌ها برای عوامل

[1] Non-medical plants

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ژل‌کننده اشـــاره کرد. در بخش لوازم آرایشـــی، مواد گیاهی مانند آلوئه ورا، روغن جوجوبا و روغن نارگیل به دلیل خواص مرطوب‌کنندگی و درمانی خود محبوب هستند. علاوه بر این، گیاهان غیرپزشکی به طور فزاینده‌ای در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به طوری که الیافی مانند کنف و کتان برای پارچه‌های سازگار با محیط زیست استفاده می‌شوند و جایگزین پایداری برای پنبه و الیاف مصنوعی ارائه می‌دهند. تولید اینولین، اینوسیتول، پلی فنول ها و سلولز از جمله نمونه های این ترند هستند.

در سطح جهانی، تغییر به سمت محصولات گیاهی با افزایش آگاهی از نگرانی‌های زیست‌محیطی، نیاز به شیوه‌های کشاورزی پایدار و تمایل به کاهش وابستگی به منابع تجدیدناپذیر، تقویت شده است. انتظار می‌رود بازار محصولات گیاهی غیرپزشکی همچنان رو به رشد باشد، زیرا مصرف‌کنندگان به دنبال گزینه‌های طبیعی‌تر و سازگارتر با محیط زیست، به ویژه در مواد غذایی، آرایشی و کاربردهای صنعتی هستند. با پیشرفت فناوری، نوآوری در روش‌های فرآوری و استخراج احتمالاً این جایگزین‌های گیاهی را کارآمدتر و در دسترس‌تر می‌کند و استفاده گسترده از آن‌ها را بیشتر می‌کند.

اینولین یک شیرین کننده طبیعی و پری بیوتیک است که عمدتا به صورت تجاری از ریشه گیاهان غیر دارویی مانند کاسنی[1]، سیب زمینی ترشی و گون استخراج می‌شود. بیشترین استفاده اینولین در حال حاضر در صنایع غذایی و دارویی هست. معمولاً اینولین به‌عنوان یک پری بیوتیک، جایگزین چربی، جایگزین شکر و اصلاح‌کننده بافت شناخته‌شده و برای گسترش تولید غذاهای بهبودیافته به‌منظور بهبود ویژگی سلامت بخشی و نقش مفید آن در روده به میزان زیادی مورداستفاده قرار می‌گیرد. زیست‌فراهمی بالا، ویژگی‌های شیمیایی شناخته‌شده و فعالیت زیستی گسترده این ماده، اینولین را به یک ماده طبیعی پرکاربرد تبدیل نموده است. استفاده از اینولین در دارورسانی هدفمند به کلون و تومورها بسیار کاربرد دارد. به دلیل توانایی اینولین برای هیدرولیز شدن توسط آنزیم خاص در کلون، از این ماده استفاده می‌شود. شرکت های بزرگ تولید اینولین در جهان به شرح زیر هستند:

۱) ORAFTI بلژیک؛ بزرگ‌ترین تولیدکننده انواع اینولین (زنجیره بلند، کوتاه و متوسط) و محصولات حاصل از ریشه کاسنی در جهان
۲) BENEO: تولید انواع اینولین (زنجیره بلند، کوتاه و متوسط) از ریشه کاسنی
۳) WARCOING قدیمی‌ترین تولیدکننده اینولین در بلژیک
۴) BENULINE یک سرمایه‌گذاری مشترک بین WARCOING و SUIKER UNIE در هلند
۵) CHAMTOR در فرانسه برای تولید مشترک و تیمار بین کاسنی (برای فروکتوز) و گندم (برای گلوکز)
۶) Cargill: تولید اینولین از کاسنی

ارزش بازار جهانی اینولین در سال ۲۰۲۴، ۱.۸۴ میلیارد دلار آمریکا تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ به ۲.۷۱ میلیارد دلار آمریکا برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۶.۷ درصد از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ رشد کند. این رشد به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان از فواید سلامتی مرتبط با فیبرهای غذایی، به ویژه در ارتقاء سلامت روده، نسبت داده می‌شود {, #۲۸۷}.

مثال دیگر، اینوسیتول[2] می باشد. اینوسیتول (به‌طور خاص μ-اینوزیتول)، یکی دیگر از مولکول‌های مشتق‌شده از گیاه

[1] Cichorium intybus

[2] Inositol

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

غیردارویی است. اینوسیتول یک الکل قند حلقوی ۶ کربنی است که در تمام سلول‌های زنده وجود دارد. اینوسیتول عمدتاً به شکل فیتیک اسید یا اینوسیتول هگزافسفات (IP6) در گیاهان وجود دارد. اینوسیتول در نوشیدنی‌های کاربردی[1]، مکمل‌های غذایی، شیرخشک نوزاد، دارو، محصولات بهداشتی، افزودنی‌های خوراک آبزیان (ماهی، میگو، خرچنگ و غیره)، خوراک دام و طیور، محصولات مراقبت شخصی و... استفاده می‌شود. Myo-اینوسیتول دارای طعم خالص یا تمیز[2] برای افزودن به محصولات غذایی و نوشیدنی است. این ماده در آب محلول بوده و در حرارت نسبتاً پایدار است. اینوسیتول به طور تجاری از سبوس برنج یا CSL ذرت با استفاده از سنتز شیمیایی (هیدرولیز اسیدی) تولید میشود. شرکتهای تولید کننده اینوسیتول در جهان به شرح زیر هستند:

- شرکت Orffa اینوسیتول ۹۸٪ با گرید دامی را برای آبزیان، طیور و دام تولید و عرضه مینماید
- شرکت TSUNO RICE FINE CHEMICALS CO., LTD یکی از زیرمجموعه های گروه بزرگ TSUNO Group در ژاپن است که در سال ۱۹۷۲ برای تولید با ارزش افزوده از سبوس برنج تاسیس شده است . این شرکت تولید اسنوسیتول از سبوب برنج در پالایشگاه برنج خود را دارد. این شرکت سه محصول تجاری با نام های IP6، اینوسیتول و فیتیک اسید (IP6) را از سبوس برنج تولید مینماید
- شرکت NOW نیز μ-اینوسیتول خالص را به صورت مکمل انسانی را تولید مینماید.

بازار جهانی اینوزیتول در سال ۲۰۲۵، ۱۵۹.۷ میلیون دلار ارزش‌گذاری شده است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۵ به ۴۸۲.۹ میلیون دلار برسد که نشان‌دهنده نرخ رشد مرکب سالانه ۱۱.۷ درصد است. گسترش بازار به دلیل افزایش تقاضا برای مکمل‌های مبتنی بر اینوزیتول، به ویژه برای مدیریت سندرم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS)، دیابت و سلامت عصبی است {, #۲۸۸}.

تولید پلی فنول به عنوان جایگزین ویتامین E از دیگر مصادیق این ترند است. ترکیبات گیاهی پلی فنولی دارای پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بسیار بالاتری نسبت به ویتامین E هستند، زیرا در آن‌ها گروه‌های هیدروکسی بیشتری به ازای واحد وزن به حلقه‌های بنزن متصل هستند. هم ویتامین E منبع طبیعی و هم ویتامین E سنتزی در بدن جذب می‌شوند. بااین‌حال، پس از جذب، پروتئین موجود در کبد ویتامین E یا آلفا توکوفرول طبیعی را تشخیص داده و به فرم سنتزی آن اولویت می‌دهد. یکی از عوامل مهم در تعیین استفاده از پلی فنول ها، زیست‌فراهمی آن می‌باشد. پلی فنول عمدتا از تفاله انگور قرمز و ضایعات آسیاب زیتون تولید میشود. ضایعات حاصل از انگور و روغن زیتون سرشار از پلی‌فنول‌های آنتی‌اکسیدانی قوی (مانند رسوراترول و الاژیتانین‌ها) هستند. جدول زیر شرکت های جهانی تولیدکننده پلی فنول های جایگزین ویتامین E را بیان میکند.

[1] functional beverage

[2] Clean taste

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

جدول (۴-۴) شرکت‌های مختلف عرض کننده جایگزین ویتامین E و مشخصات محصول

نام شرکت	نام محصول	ترکیبات
R2 Agro A/S	Cabanin®CSD	مرکبات- توت سیاه – انگور - فندق
Dr.Eckel	Anta®Ox FlavoSyn	انگور- رازک- چای سبز
Dr.Eckel	Anta®Ox E	تفاله انگور
Nor-Feed	Nor-Grape® 80	انگور
Trouw Nutrition	Selko® AOmix	سوپورا ژاپنی- زردچوبه- درخت تارا- رز ماری



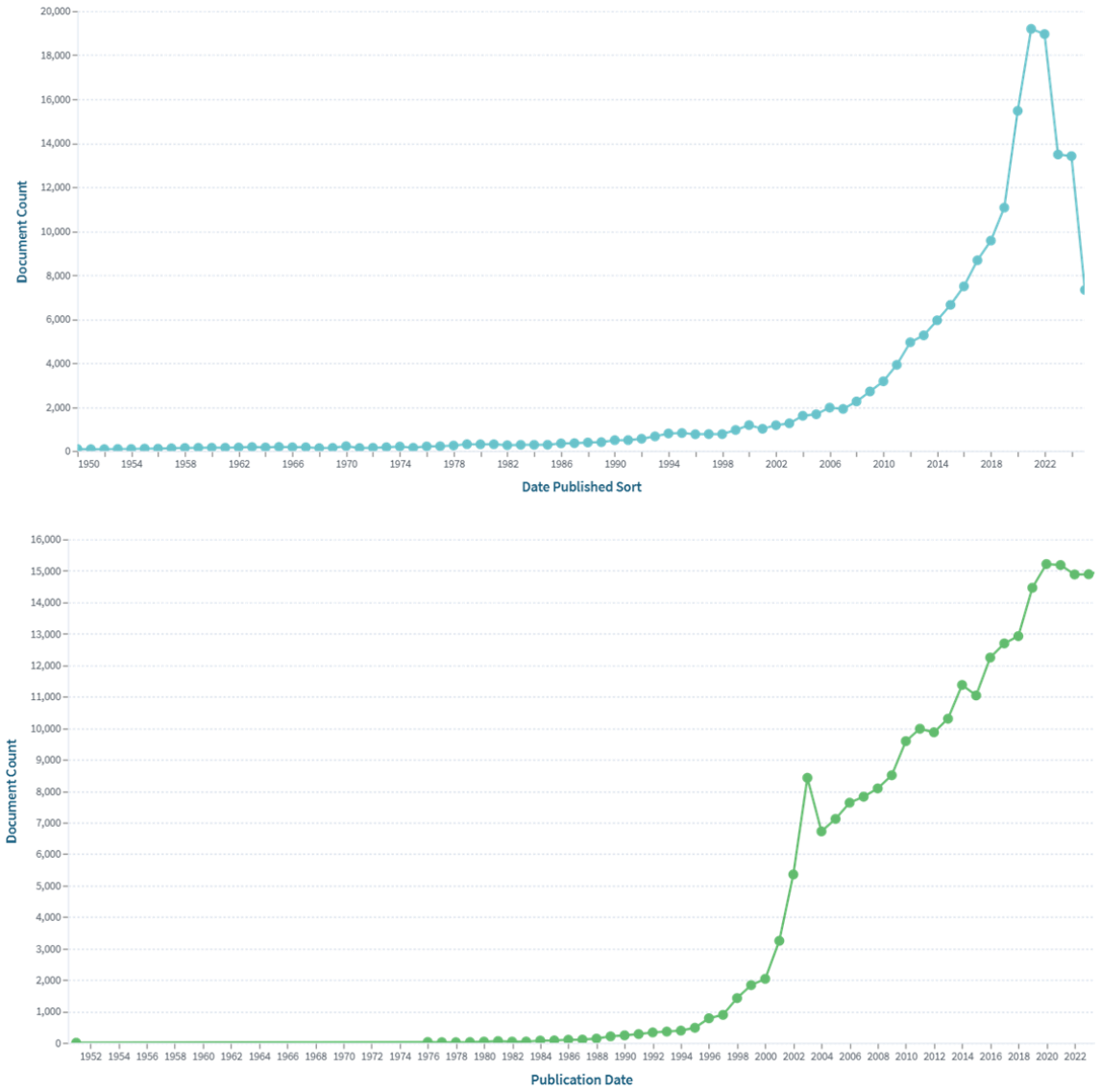
شکل (۴-۷۰) الف) جایگزین‌های ویتامین E ب) بیشترین عصاره‌های گیاهی جایگزین شده ویتامین E

روند استفاده از گیاهان غیرپزشکی در بیوتکنولوژی صنعتی، همانطور که در مورد بتائین و اینولین مشاهده می‌شود، به طور کامل با استفاده از سلولز، فراوان‌ترین پلیمر طبیعی جهان، نشان داده شده است. سلولز چارچوب ساختاری تقریباً تمام دیواره‌های سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهد و به همین دلیل به راحتی در مقادیر زیاد از طریق پسماندهای کشاورزی (مانند کاه ذرت و باگاس نیشکر)، محصولات جانبی جنگلداری (ضایعات چوب) و حتی محصولات انرژی‌زای اختصاصی در دسترس است. سلولز با استفاده از فرایندهای استخراج و هیدرولیز آنزیمی / شیمیایی از زیست توده های لیگنوسلولزی جداسازی میشود. سلولز خالص شده همچنین برای تولید مواد پیشرفته‌ای مانند نانوسلولز (نانوکریستال‌های سلولز یا CNC) استفاده می‌شود که به عنوان عوامل تقویت‌کننده و مواد مانع در بسته‌بندی، پوشش‌ها و کامپوزیت‌ها استفاده می‌شوند. شرکت Borregaard AS یکی از تولید کنندگان سلولز از ضایعات جنگلداری، چوب است.

شکل زیر نمایشدهنده روند پتنت ها و مقالات برای محصولات مشتق شده از گیاهان غیر دارویی در جهان است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۷۱-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای عصاره گیاهان غیر دارویی

۴-۵- صنایع تخمیری

۴-۵-۱- چربی و روغن‌های جایگزین

چربی‌ها و روغن‌های جایگزین[1]، در زمینه بیوتکنولوژی صنعتی، چربی‌ها و روغن‌هایی هستند که از منابع بیولوژیکی تجدیدپذیر از طریق فرآیندهای بیوتکنولوژیکی به جای منابع سنتی گیاهی یا حیوانی تولید می‌شوند. این چربی‌ها و روغن‌های جایگزین به طور فزاینده‌ای به عنوان راه‌حل‌های پایدار برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد روغن‌ها در صنایع مختلف مانند مواد غذایی، آرایشی، دارویی و سوخت‌های زیستی شناخته می‌شوند. بیوتکنولوژی صنعتی نقش کلیدی در توسعه این روغن‌ها دارد و از میکروارگانیسم‌ها، جلبک‌ها و منابع گیاهی برای تولید روغن‌های با ارزش بالا با خواص خاص برای طیف وسیعی از کاربردها

[1] Alternative fats & oils

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

استفاده می‌کند. مزایای اصلی چربی‌ها و روغن‌های جایگزین در پایداری، مزایای زیست‌محیطی و ویژگی‌های عملکردی آنها نهفته است که می‌توانند برای رفع نیازهای صنعتی تنظیم شوند. یکی از زمینه‌های کلیدی بیوتکنولوژی صنعتی که به تولید چربی‌ها و روغن‌های جایگزین کمک می‌کند، استفاده از فرآیندهای تخمیر میکروبی است. میکروارگانیسم‌هایی مانند مخمر، باکتری‌ها و قارچ‌ها را می‌توان برای تولید روغن‌ها، به ویژه روغن‌های تک سلولی[1] (SCOs) مهندسی کرد. این روغن‌ها در صنعت غذا بسیار مفید هستند، زیرا مزایای سلامتی مانند بهبود سلامت قلب و عروق، عملکرد مغز و مدیریت التهاب را ارائه می‌دهند. روغن‌های تک سلولی از طریق فرآیندهای تخمیر کنترل‌شده با استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر مانند ضایعات کشاورزی تولید می‌شوند که جایگزینی سازگار با محیط زیست برای روش‌های مرسوم تولید روغن است که به کشت محصولات در مقیاس بزرگ متکی هستند[۱۵۵, ۱۵۶].

اهمیت چربی‌ها و روغن‌های جایگزین در بیوتکنولوژی صنعتی فراتر از مزایای سلامتی آنها است. در تولید مواد غذایی و نوشیدنی، روغن‌های جایگزین مشتق شده از میکروارگانیسم‌ها می‌توانند جایگزین چربی‌های ترانس و چربی‌های اشباع شده‌ای شوند که معمولاً در محصولاتی مانند مارگارین، سس سالاد و روغن‌های پخت و پز استفاده می‌شوند. این گذار به ویژه از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا مصرف‌کنندگان به طور فزاینده‌ای محصولات سالم‌تر با سطوح پایین‌تر چربی‌های مضر را تقاضا می‌کنند. این تغییر همچنین با روند رو به رشد به سمت گزینه‌های غذایی گیاهی و پایدار همسو است[۱۵۷].

در صنعت لوازم آرایشی و مراقبت شخصی، از چربی‌ها و روغن‌های جایگزین به دلیل خواص مرطوب‌کنندگی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی آنها استفاده می‌شود[۱۵۸]. در صنعت داروسازی، چربی‌ها و روغن‌های جایگزین نقش مهمی در توسعه سیستم‌های دارورسانی و تولید داروها دارند[۱۵۷].چربی‌ها و روغن‌های جایگزین همچنین کاربردهای مهمی در سوخت‌های زیستی، به ویژه در تولید بیودیزل، دارند. ریزجلبک‌ها، به ویژه، به دلیل محتوای بالای چربی و تولنایی رشد در محیط‌های مختلف، از جمله فاضلاب یا زمین‌های غیرزراعی، منبع جذابی از روغن برای تولید بیودیزل هستند. استفاده از روغن‌های مشتق شده از جلبک برای بیودیزل، یک منبع انرژی پایدار و تجدیدپذیر را ارائه می‌دهد که به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و ترویج یک اقتصاد زیستی چرخشی کمک می‌کند[۱۵۶]. این امر با هدف گسترده‌تر کاهش اثرات زیست‌محیطی منابع انرژی سنتی و توسعه فناوری‌های پاک‌تر و سبزتر همسو است.

بازار چربی‌ها و روغن‌های جایگزین، که ناشی از تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان برای محصولات غذایی پایدار و سالم‌تر است، به سرعت در حال گسترش است. چربی‌ها و روغن‌های جایگزین، که شامل روغن‌های گیاهی، روغن‌های میکروبی (مانند روغن‌های تک سلولی) و روغن‌های مبتنی بر جلبک می‌شوند، به دلیل فواید سلامتی، منابع پایدار و تطبیق‌پذیری در صنایع مختلف، اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کنند. تقاضا برای این محصولات به دلایل مختلفی از جمله افزایش نگرانی‌ها در مورد تأثیر زیست‌محیطی تولید سنتی روغن، تغییر به سمت رژیم‌های غذایی گیاهی و نیاز به جایگزین‌های سالم‌تر برای چربی‌های ترانس و چربی‌های اشباع شده، افزایش می‌یابد.

اندازه بازار جهانی چربی‌ها و روغن‌های جایگزین در سال ۲۰۲۰ تقریباً ۱۰.۵ میلیارد دلار ارزش‌گذاری شد و پیش‌بینی می‌شود که از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۸ با نرخ رشد مرکب سالانه ۹ تا ۱۰ درصد رشد کند. این رشد ناشی از افزایش تقاضا برای روغن‌های گیاهی غنی از امگا و تغییر به سمت روغن‌هایی با محتوای چربی غیراشباع بالاتر است که برای سلامتی مفید هستند. انتظار

[1] Single-cell oils (SCOs)

https://heiatelmi.ir

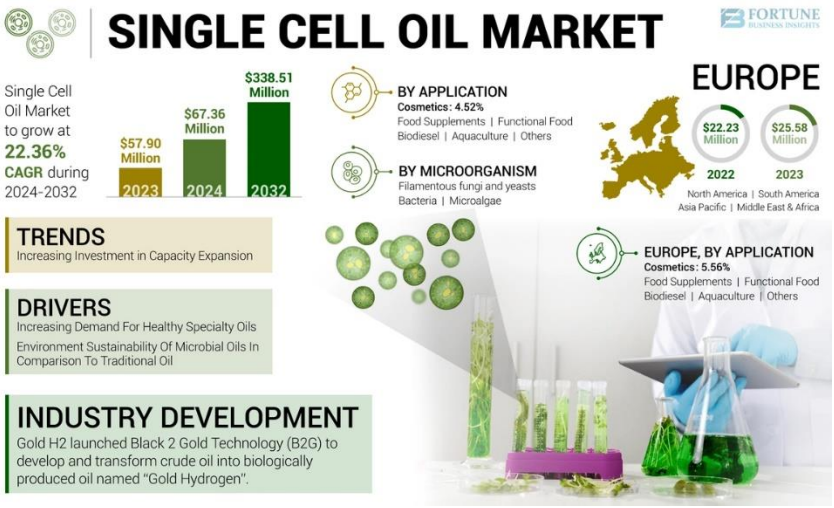
وب سایت هیات علمی

می‌رود روغن‌های تک سلولی (SCO) که توسط میکروارگانیسم‌هایی مانند جلبک‌ها و قارچ‌ها تولید می‌شوند، نقش مهمی در این بازار ایفا کنند، زیرا روغن‌های باکیفیت و سرشار از اسیدهای چرب امگا ۳ را فراهم می‌کنند که به دلیل فوایدشان برای سلامت قلب و عروق، به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار می‌گیرند [۱۵۵, ۱۵۷].

به طور خاص، بخش اسانس‌های روغنی که زیر چتر چربی‌ها و روغن‌های جایگزین قرار می‌گیرد، رشد چشمگیری را تجربه می‌کند. انتظار می‌رود بازار جهانی اسانس‌های روغنی که در سال ۲۰۲۰ به ارزش ۷ میلیارد دلار ارزش‌گذاری شده است، تا سال ۲۰۲۶ با نرخ رشد مرکب سالانه ۸ تا ۱۰ درصد رشد کند. این رشد تا حد زیادی ناشی از افزایش تقاضا برای مواد طبیعی در مواد غذایی، آرایشی و بهداشتی و محصولات مراقبت شخصی است. با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به سلامت و محیط زیست، ترجیح مواد گیاهی، ارگانیک و طبیعی افزایش یافته و فرصت‌هایی را برای تولید پایدار روغن فراهم می‌کند[۱۵۴].

در صنعت سوخت‌های زیستی، روغن‌های مشتق شده از جلبک نیز به عنوان جایگزینی تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست برای سوخت‌های فسیلی سنتی مورد توجه قرار گرفته‌اند. پیش‌بینی می‌شود بازار سوخت‌های زیستی برای روغن‌های مبتنی بر جلبک در دهه آینده با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۴ تا ۱۶ درصد رشد کند که ناشی از فشار برای منابع انرژی تجدیدپذیر و مزایای زیست‌محیطی کشت جلبک است [۱۵۷].

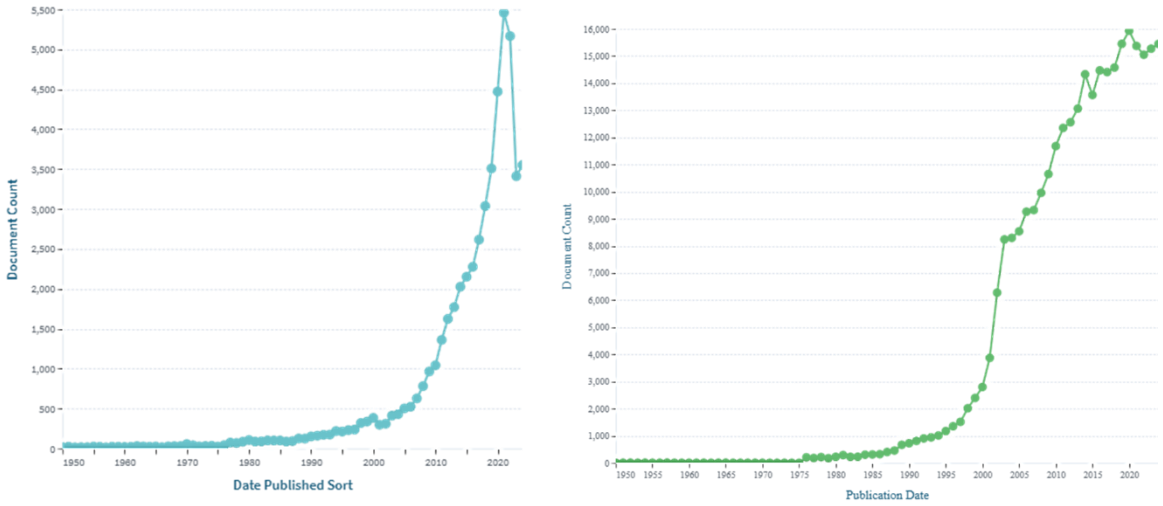
اندازه بازار جهانی روغن تک سلولی در سال ۲۰۲۳، ۵۷.۹۰ میلیون دلار ارزش‌گذاری شده است. پیش‌بینی می‌شود این بازار از ۶۷.۳۶ میلیون دلار در سال ۲۰۲۴ به ۳۳۸.۵۱ میلیون دلار تا سال ۲۰۳۲ افزایش یابد و نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) ۲۲.۳۶ درصد را در دوره پیش‌بینی نشان دهد. اروپا با سهم بازار ۴۴.۱۸ درصد در سال ۲۰۲۳، بر بازار روغن تک سلولی تسلط داشت. علاوه بر این، پیش‌بینی می‌شود بازار روغن تک سلولی ایالات متحده تا سال ۲۰۳۲ به ۹۲.۶۲ میلیون دلار برسد که با نوآوری در منابع پروتئین و لیپید جایگزین پشتیبانی می‌شود[۱۵۹].



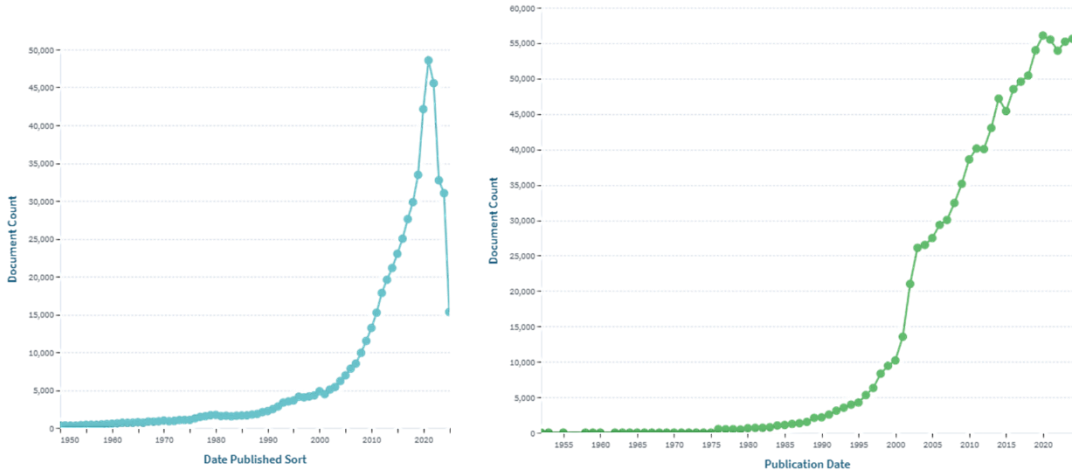
شکل (۷۲-۴) بازار جهانی SCO [۱۵۹]

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای چربی و روغن‌های جایگزین



شکل (۲-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) برای SCO

از نظر بازیگران جهانی، شرکت‌هایی مانند DSM و BASF در خط مقدم توسعه و تجاری‌سازی چربی‌ها و روغن‌های جایگزین هستند. برای مثال، DSM اسیدهای چرب امگا ۳ با کیفیت بالا را از جلبک برای استفاده در مکمل‌های غذایی تولید می‌کند، در حالی که BASF بر تولید روغن‌های پایدار برای لوازم آرایشی و محصولات مراقبت شخصی تمرکز دارد. شرکت‌های دیگری مانند Evonik و Solazyme (که اکنون بخشی از Algolfuel هستند) در حال پیشرفت در تولید روغن‌های میکروبی برای کاربردهای مختلف صنعتی، از جمله مواد غذایی، سوخت‌های زیستی و داروسازی هستند.

بازار چربی‌ها و روغن‌های جایگزین، به‌ویژه آن‌هایی که از طریق بیوتکنولوژی تولید می‌شوند، توسط ترکیبی از شرکت‌های بزرگ تولیدکننده مواد اولیه و استارتاپ‌های نوآور هدایت می‌شود. این شرکت‌ها عمدتاً از روش‌هایی مانند تخمیر دقیق[1] و تولید روغن تک‌یاخته‌ای (SCO) برای ایجاد چربی‌های پایدارتر، سالم‌تر و با قابلیت‌های عملکردی بالاتر استفاده می‌کنند.

استارتاپ‌های بیوتکنولوژی (تمرکز بر تخمیر دقیق و SCO)

این شرکت‌ها از میکروارگانیسم‌های روغنی (مانند مخمرها، قارچ‌ها یا جلبک‌ها) در محیط‌های کنترل‌شده برای تولید چربی‌های

[1] Precision Fermentation

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سـفارشـی اسـتفاده می‌کنند. تمرکز آن‌ها اغلب بر جایگزینی روغن‌های حیوانی یا روغن‌های گرمسـیری (مثل پالم و نارگیل) است:

شرکت	کشور	فناوری کلیدی / حوزه تمرکز	محصولات/هدف مشخص
Marble&Melt	سوئد	تخمیر دقیق (مخمر مهندسی‌شده)	تولید چربی‌های بدون منشأ حیوانی که خواص پیچیده چربی گاو و سایر چربی‌های حیوانی را برای محصولات جایگزین گوشت تقلید می‌کنند
Nourish Ingredients	استرالیا	تخمیر دقیق	ایجاد چربی‌های عاری از حیوانات که طعم و خواص ارگانولپتیک واقعی چربی حیوانی را برای محصولات گیاهی فراهم می‌کنند
C16 Biosciences	آمریکا	روغن تک‌یاخته‌ای (مبتنی بر مخمر)	تولید روغن Palmless™ Torula Oil به عنوان جایگزینی برای روغن پالم در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی، با تمرکز بر پایداری زنجیره تأمین
ÄIO	استونی	روغن میکروبی (تخمیر مخمر)	تولید روغن‌های مانند "RedOil" با استفاده از تخمیر مخمر برای تبدیل محصولات جانبی صنعتی به جایگزین‌های پایدار و مغذی برای روغن پالم
Zero Acre Farms	آمریکا	تخمیر	تمرکز بر تولید روغن‌های آشپزی جایگزین و سالم‌تر، با پایداری بالاتر، که جایگزین روغن‌های گیاهی سنتی با چربی اشباع بالا می‌شوند

شرکت‌های بزرگ و تثبیت‌شده تولیدکننده مواد اولیه

این شرکت‌های بزرگ با استفاده از تخصص موجود خود در تخمیر و تولید مواد اولیه، در حال گسترش سبد محصولات خود به سمت چربی‌های نوآورانه هستند.

شرکت	کشور	فناوری کلیدی / حوزه تمرکز	محصولات/نقش کلیدی
Corbion	هلند	تخمیر جلبک	تولید SCO
BASF SE	آلمان	شیمیایی و محصولات عملکردی	به عنوان یک بازیگر بزرگ در مواد مغذی، درگیر فرآیندهای بیوتکنولوژی برای تولید ویتامین‌ها، کاروتنوئیدها و مواد فعال در محصولات بهداشتی و تغذیه‌ای است
ADM (Archer Daniels Midland)	آمریکا	فرآوری کشاورزی جهانی	این شرکت در زمینه راه‌حل‌های گیاهی پیشرو است و به طور فعال مواد اولیه پیشرفته، از جمله پروتئین‌ها و فیبرهای گیاهی را که با سیستم‌های چربی جایگزین سازگار هستند، توسعه می‌دهد

۲-۵-۴- زیست ترادیسی

زیست ترادیسی[1] که با نام بیوکاتالیز نیز شـناخته می‌شـود، یک رویکرد شـیمی سـبز اسـت که شـامل اسـتفاده از سـیسـتم‌های بیولوژیکی - مانند آنزیم‌های خالص‌شـده، سـلول‌های در حال اسـتراحت یا میکروارگانیسـم‌های کامل - برای کاتالیز یک واکنش شـیمیایی خاص برای تبدیل یک ماده اولیه (سـوبسـترا) به یک محصـول مطلوب، معمولاً در یک یا تعداد محدودی از مراحل اسـت[۱۶۰]. برخلاف سـنتز شـیمیایی سـنتی که اغلب به دمای بالا، حلال‌های سـمی و فشـار بالا نیاز دارد، زیسـت ترادیسـی به دلیل توانایی‌اش در انجام واکنش‌ها با گزینش‌پذیری بالا (از جمله اسـتریو-، ریژو- و شـیمی-گزینی)، عملکرد در شـرایط ملایم (به عنوان مثال، دمای فیزیولوژیکی و pH)، منجر به محصولات با خلوص بالاتر و کاهش قابل توجه تولید زباله‌های سـمی، مورد توجه قرار گرفته اسـت و آن را در صـنایع دارویی، غذایی و شـیمیایی بسـیار ارزشـمند می‌کند[۱۶۰]. سـه روند زیر نشـان دهنده پیشـرفت‌های کلیدی فناوری هسـتند که کارایی، مقرون به صـرفه بودن و پیچیدگی واکنش‌های قابل دسـتیابی از طریق زیسـت ترادیسی را افزایش می‌دهند.

[1] Biotransformation

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تثبیت آنزیم[1] یک روند اساسی است که مستقیماً از تبدیل زیستی کارآمد با محدود کردن فیزیکی یک بیوکاتالیست (آنزیم) به یک فاز مشخص، معمولاً یک ماده پایه بی‌اثر و نامحلول مانند سلولز یا پلی‌اکریل‌آمید، پشتیبانی می‌کند[۱۶۱]. این تکنیک بسیار مهم است زیرا آنزیم در شکل آزاد خود اغلب گران و ناپایدار بوده و پس از یک واکنش ناپیوسته واحد از بین می‌رود. محدودسازی حاصل از طریق تثبیت - از طریق روش‌هایی مانند جذب، پیوند کووالانسی یا به دام انداختن - دو مزیت عمده ارائه می‌دهد که استفاده از آنزیم‌ها را در صنعت متحول می‌کند: اول، پایداری و طول عمر آنزیم را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد و اغلب به آن اجازه می‌دهد تا در برابر تغییرات دما و pH بهتر مقاومت کند. و دوم، و مهمتر از همه برای فرآیندهای پیوسته، جداسازی آسان و استفاده مجدد آنزیم از مخلوط واکنش را تسهیل می‌کند، هزینه‌های عملیاتی را به شدت کاهش می‌دهد و بیوراکتورهای جریان پیوسته را فعال می‌کند، که یک هدف کلیدی در تبدیل زیستی صنعتی است [۱۶۱].

مفهوم بیوراکتور سلولی در حال استراحت[2]، نشان‌دهنده یک روند عملیاتی است که بر بهینه‌سازی رویکرد کل سلول در زیست ترادیسی متمرکز است، به‌ویژه زمانی که واکنش مورد نظر نیاز به کوفاکتورهای پیچیده یا مراحل آنزیمی متعدد دارد. برخلاف زیست ترادیسی سلول در حال رشد، که در آن تبدیل در طول مرحله رشد فعال سلول رخ می‌دهد، سلول‌های در حال استراحت، سلول‌هایی هستند که پس از رسیدن به زیست‌توده بالا برداشت می‌شوند و سپس در محلول بافر بدون مواد مغذی لازم برای رشد، اما با سوبسترایی که باید تبدیل شود، معلق می‌شوند[۱۶۲]. رابطه کلیدی این روش با زیست ترادیسی این است که این حالت غیررشدی، منابع متابولیک سلول را تقریباً به‌طور کامل به سمت واکنش تبدیل هدایت می‌کند و با به حداقل رساندن واکنش‌های جانبی رقابتی که بخشی از تقسیم سلولی و آنابولیسم هستند، تیتر و عملکرد کلی محصول را افزایش می‌دهد[۱۶۲]. علاوه بر این، فقدان یک محیط رشد پیچیده، هم عملیات بالادستی و هم خالص‌سازی بعدی محصول در پایین‌دستی را ساده می‌کند و در نتیجه فرآیند کلی زیست ترادیسی را در مقیاس صنعتی تمیزتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر می‌کند. در نهایت، واکنش آنزیمی آبشاری[3] - که به عنوان سیستم‌های چند آنزیمی نیز شناخته می‌شود - یک روند قابل توجه است که بر پیچیدگی و ظرافت محصولات شیمیایی که می‌توانند از طریق زیست ترادیسی سنتز شوند، تمرکز دارد. این رویکرد شامل اتصال دو یا چند واکنش آنزیمی مجزا به صورت متوالی در یک ظرف واکنش واحد است، که در آن محصول واکنش اول بلافاصله به عنوان سوبسترا برای واکنش دوم و غیره تبدیل می‌شود. این آبشار با فعال کردن سنتز مولکول‌های بسیار پیچیده و تسهیل بازسازی حیاتی کوفاکتورها (مانند NAD(P)H) مورد نیاز بسیاری از آنزیم‌ها در محل، که در غیر این صورت افزودن خارجی آنها در مقادیر استوکیومتری بسیار گران است، مستقیماً به زیست ترادیسی مربوط می‌شود. با اتصال واکنش‌ها، سیستم از نظر ترمودینامیکی مطلوب می‌شود و نیاز به جداسازی یا خالص‌سازی واسطه‌های ناپایدار را از بین می‌برد، بنابراین یک فرآیند بسیار کارآمد و تک ظرفی ایجاد می‌کند که به طور چشمگیری تعداد کلی مراحل، حلال‌ها و زمان مورد نیاز را کاهش می‌دهد و اصول "سبز" زیست ترادیسی مدرن را به طور کامل در بر می‌گیرد[۱۶۳].

---

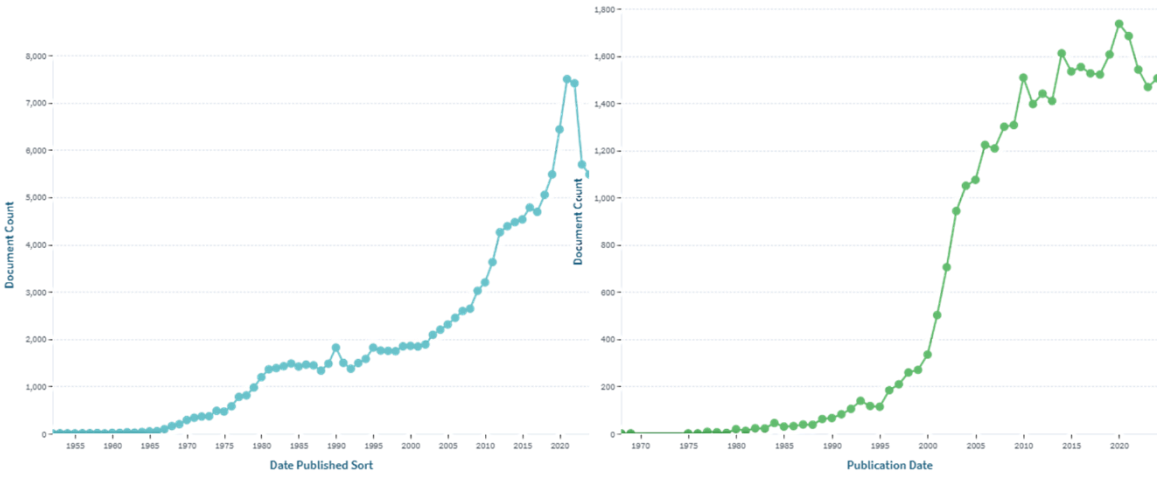
[1] Enzyme Immobilization

[2] Resting cell bioreactor

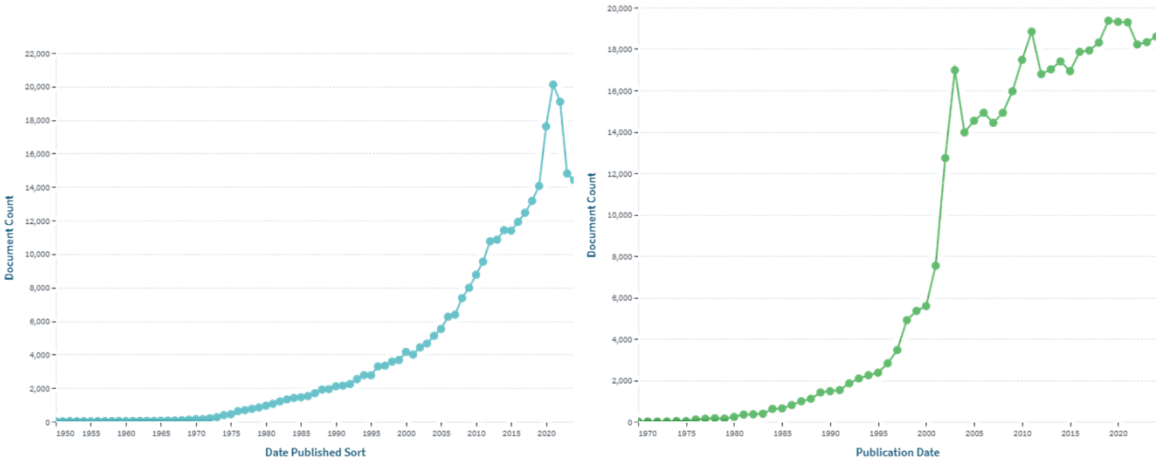
[3] Cascade enzymatic reaction

https://heiatelmi.ir

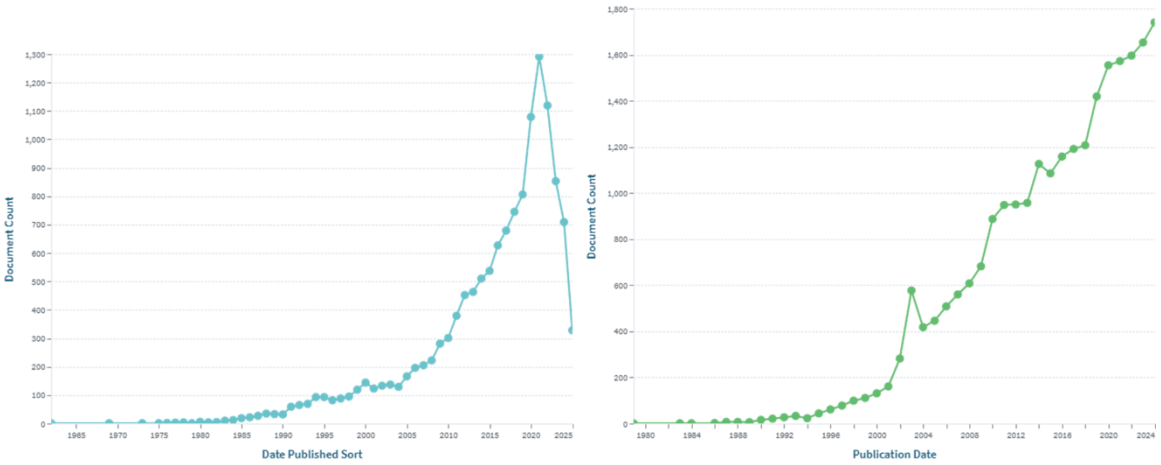
وب سایت هیات علمی



شکل (۳-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) زیست ترادیسی



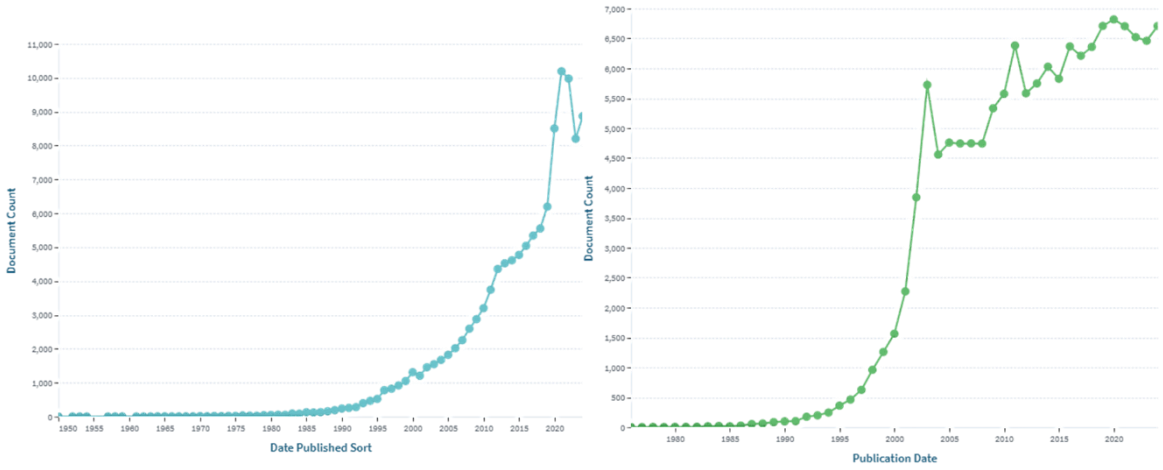
شکل (۴-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) تثبیت آنزیم



شکل (۵-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) راکتور resting cell

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۶-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) واکنش‌های آنزیمی آبشاری

شرکت‌های پیشرو در تولید و محصولات زیست‌ترادیسی در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند:

۱. تولیدکنندگان بزرگ مواد شیمیایی و مواد شیمیایی مرغوب: این غول‌های صنعتی، زیست‌ترادیسی را در فرآیندهای تولیدی گسترده خود ادغام می‌کنند تا مولکول‌های خاص و با خلوص بالا ایجاد کنند، که اغلب با تمرکز بر روش‌های تولید پایدار انجام می‌شود.

a. BASF: یک رهبر جهانی که از بیوکاتالیز برای تولید انبوه مواد شیمیایی مختلف، از جمله ویتامین‌های تخصصی، کاروتنوئیدها و واسطه‌های کایرال برای داروها و مواد غذایی استفاده می‌کند.

b. DSM-Firmenich: این شرکت که از ادغام DSM و Firmenich ایجاد شده است، نقش مهمی در تغذیه، سلامت و علوم زیستی دارد. آنها از تخمیر و زیست‌تبدیلی آنزیمی به طور گسترده برای تولید موادی مانند مواد مغذی، آنزیم‌ها و طعم‌دهنده‌های غذایی تخصصی استفاده می‌کنند.

c. Evonik: این شرکت شیمیایی تخصصی، بیوکاتالیز را برای سنتز کارآمد و انتخابی طیف وسیعی از اسیدهای آمینه (مانند L-متیونین و L-لیزین) و سایر واسطه‌های تخصصی مورد استفاده در تغذیه و سلامت حیوانات به کار می‌گیرد.

۲. تولیدکنندگان دارویی و بیولوژیک: صنعت داروسازی محرک اصلی زیست ترادیسی است و از آن برای سنتز ترکیبات دارویی فعال (API) پیچیده و کایرال با خلوص انانتیومری بالا استفاده می‌کند که برای اثربخشی و ایمنی دارو بسیار مهم است.

a. Pfizer, Merck (MSD), and GlaxoSmithKline (GSK): در حالی که آنها اغلب توسعه بیوکاتالیز را برون‌سپاری می‌کنند، این شرکت‌ها - و سایر شرکت‌های بخش عمده داروسازی - بزرگ‌ترین کاربران نهایی محصولات بیوترانسفورماسیون هستند و از مراحل آنزیمی برای سنتز داروهای پرفروش و واسطه‌های آنها استفاده می‌کنند (به عنوان مثال، در تولید سیتاگلیپتین، از یک آنزیم ترانس‌آمیناز بی‌حرکت برای یک مرحله کلیدی کایرال استفاده می‌شود).

b. Lonza: این سازمان بزرگ توسعه و تولید قرارداد (CDMO) نقشی کلیدی در تولید APIهای سفارشی با استفاده از سنتز شیمیایی و بیوترانسفورماسیون پیشرفته دارد. آنها فرآیندهای اختصاصی و در مقیاس بزرگ برای محصولاتی مانند ال-کارنیتین با استفاده از بیوترانسفورماسیون کل سلول دارند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳. ارائه دهندگان آنزیم و خدمات صنعتی: این شرکت‌ها ابزارها (آنزیم‌ها) یا خدمات سفارشی مورد نیاز برای انجام واکنش‌های زیست ترادیسی مقیاس صنعتی را تأمین می‌کنند.

a. Novozyme : بزرگ‌ترین تأمین‌کننده آنزیم صنعتی در جهان، هسته کاتالیزوری این صنعت هستند. آن‌ها آنزیم‌های مهندسی‌شده (لیپازها، پروتئازها، ایزومرازها و غیره) را که در فرآیندهای بیوترانسفورماسیون سایر شرکت‌ها، به‌ویژه در تولید مواد غذایی و سوخت‌های زیستی استفاده می‌شوند، توسعه داده و می‌فروشند.

b. Asymchem and Almac Sciences: این CDMOهای تخصصی، خدمات توسعه فرآیند بیوکاتالیز سفارشی و تولید در مقیاس بزرگ را ارائه می‌دهند و شرکت‌های داروسازی را قادر می‌سازند تا واکنش‌های آنزیمی و آبشاری پیچیده را برای سنتز داروهای جدید پیاده‌سازی کنند.

۴. تولیدکنندگان مواد غذایی و مواد اولیه تخصصی: بیوترانسفراسیون در اینجا به شدت برای تولید مواد اولیه طبیعی، سازگار با برچسب و با کارایی بالا استفاده می‌شود.

a. Cargill: یک غول جهانی کشاورزی و غذایی که از بیوترانسفورماسیون برای تولید مواد غذایی مختلف، از جمله نشاسته، شیرین‌کننده‌ها و لیپیدهای تخصصی استفاده می‌کند.

b. Ajinomoto: یک شرکت ژاپنی که با استفاده از فرآیندهای تخمیر در مقیاس بزرگ و بیوترانسفورماسیون آنزیمی، رهبر جهانی در تولید اسیدهای آمینه (مانند MSG و اسیدهای آمینه دارویی مختلف) است.

زنجیره تأمین آنزیم‌های صنعتی تثبیت‌شده توسط چند بازیگر اصلی که یا کاتالیزور خام تولید می‌کنند، ساختارهای پشتیبانی لازم را می‌سازند یا خدمات پیاده‌سازی سفارشی ارائه می‌دهند، پشتیبانی می‌شود.

۱. Novozymes : این شرکت به عنوان بازیگر اصلی شناخته می‌شود، در درجه اول به این دلیل که بزرگ‌ترین تأمین‌کننده آنزیم‌های صنعتی فله‌ای (مانند لیپازها و پروتئازها) در جهان است. در حالی که آنها در برخی از تثبیت‌های مستقیم شرکت می‌کنند، نقش اصلی آنها تولید مقادیر زیادی پروتئین آنزیم خام با کیفیت بالا است که تمام تلاش‌های تثبیت دیگر به آن متکی هستند.

۲. Purolite (که اکنون بخشی از Ecolab است): این شرکت مهم‌ترین بازیگر تخصصی در بخش حامل و رسانه است. پرولیت رزین‌های تبادل یونی بسیار مهندسی‌شده و مواد پلیمری - تکیه‌گاه‌های فیزیکی - را تولید می‌کند که برای تثبیت قوی و قابل استفاده مجدد آنزیم ضروری هستند. فناوری آنها امکان عملیات پیوسته و مقرون به صرفه مورد نیاز برای فرآیندهای تبدیل زیستی صنعتی را فراهم می‌کند.

۳. DuPont / IFF (طعم‌ها و رایحه‌های بین‌المللی): این شرکت به لطف میراث قوی بیوتکنولوژی خود، همچنان یک تأمین‌کننده جهانی عمده برای طیف وسیعی از آنزیم‌های صنعتی است. این آنزیم‌های کاربردی، مواد اولیه کلیدی هستند که اغلب برای کاربردهای خاص در صنایع غذایی، خوراک دام و مواد شیمیایی مرغوب، سفارشی و بی‌حرکت می‌شوند.

۴. Asymchem: Asymchem به عنوان یک سازمان پیشرو در توسعه و تولید قرارداد (CDMO)، ارائه‌دهنده اصلی خدمات بی‌حرکت‌سازی سفارشی است. آنها کاتالوگ استانداردی از آنزیم‌های بی‌حرکت نمی‌فروشند، بلکه در بهینه‌سازی و بی‌حرکت‌سازی آنزیم‌های اختصاصی مشتری در مقیاس تجاری، به ویژه برای سنتز مواد اولیه دارویی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فعال (API) تخصص دارند.

۵. Almac Sciences: مشـــابه Asymchem، Almac یک CDMO برجســـته و ارائه‌دهنده خدمات اســـت که به دلیل تخصص عمیق خود در بیوکاتالیز شناخته شده است. آنها اغلب در توسعه و به‌کارگیری سیستم‌های آنزیمی بی‌حرکت بسیار پایدار برای مشتریان دارویی برای ایجاد کارآمد واسطه‌های دارویی پیچیده و کایرال، با تضمین بازده و خلوص بالا در محصول نهایی، مشارکت دارند.

۳-۵-۴- بیوپلاستیک

بیوپلاستیک‌ها[1] دسته‌ای از مواد مشتق شده از منابع زیست‌توده تجدیدپذیر هستند که جایگزین سازگار با محیط زیست برای پلاستیک‌های سنتی مبتنی بر نفت ارائه می‌دهند. این مواد در درجه اول از پلیمرهای گیاهی مانند نشاسته، سلولز و پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند که می‌توانند به پلاستیک تبدیل شوند. در دهه‌های اخیر، بیوپلاستیک‌ها به دلیل پتانسیل خود در کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارائه گزینه‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای کاهش ضایعات پلاستیکی، توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده‌اند[۱۶۴-۱۷۰].

برای درک اینکه یک بیوپلاستیک واقعاً چیست، تمایز قائل شدن بین سه ویژگی اصلی مهم است:

۱. پلاستیک‌های زیست‌پایه[2]: این پلاستیک‌ها از منابع تجدیدپذیر مانند گیاهان ساخته می‌شوند، اما همیشه برای زیست‌تخریب‌پذیر طراحی نشده‌اند. به عنوان مثال، بیوپلاستیک‌های "قطره‌ای" مانند بیوپلی‌اتیلن (bio-PE) و بیوپلی‌اتیلن ترفتالات (bio-PET) از نظر شیمیایی با نسخه‌های مبتنی بر سوخت فسیلی خود یکسان هستند و زیست‌تخریب‌پذیر نیستند[۱۶۴].

۲. پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر[3]: این مواد می‌توانند به طور طبیعی در محیط از طریق عمل میکروبی) اغلب بدون یک جدول زمانی خاص و سریع) تجزیه شوند. توجه به این نکته مهم است که بسیاری از پلاستیک‌های ساخته شده از سوخت‌های فسیلی نیز می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که زیست‌تخریب‌پذیر باشند[۱۶۴].

۳. پلاستیک‌های کمپوست‌پذیر[4]: این نوع پلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر دارای گواهی تجزیه کامل به اجزای طبیعی و غیرسمی تحت شرایط خاص، معمولاً در یک مرکز کمپوست‌سازی صنعتی، است. آنها برای تجزیه مؤثر به تعادل صحیح گرما، رطوبت و میکروب‌ها نیاز دارند[۱۶۴].

بیوپلاستیک‌ها را می‌توان با روش‌های زیر تولید کرد:

- فرآوری مستقیم از بیوپلیمرهای طبیعی شامل پلی‌ساکاریدها (مثلاً نشاسته ذرت یا نشاسته برنج، سلولز، کیتوزان و آلژینات) و پروتئین‌ها (مثلاً پروتئین سویا، گلوتن و ژلاتین)
- سنتز شیمیایی از مشتقات قند (مثلاً اسید لاکتیک) و لیپیدها (مثلاً چربی‌ها و روغن‌های گیاهی) از گیاهان یا

[1] bioplastic

[2] Bio-based plastic

[3] Biodegradable plastics

[4] Compostable plastics

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

حیوانات

- تخمیر قندها یا لیپیدها
- تولید بیوتکنولوژیکی در میکروارگانیسم‌ها یا گیاهان اصلاح‌شده ژنتیکی (مثلاً پلی‌هیدروکسی آلکانوات‌ها (PHA)

یکی از مزایای بیوپلاستیک‌ها، عدم وابستگی آنها به سوخت‌های فسیلی به عنوان ماده اولیه است که منبعی محدود و توزیع‌شده در سطح جهانی است که با سیاست‌های نفتی و اثرات زیست‌محیطی مرتبط است. بیوپلاستیک‌ها می‌توانند از ضایعات (مثلاً کاه، تراشه‌های چوب، خاک اره و زباله‌های غذایی) استفاده کنند[۱۶۶-۱۷۰].

اینکه هر نوع پلاستیکی قابل تجزیه یا غیرقابل تجزیه (بادوام) باشد، به ساختار مولکولی آن بستگی دارد، نه به اینکه آیا زیست‌توده تشکیل‌دهنده ماده اولیه فسیلی شده است یا خیر. هم بیوپلاستیک‌های بادوام، مانند Bio-PET یا بیوپلی‌اتیلن (آنالوگ‌های زیستی پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی‌اتیلن مبتنی بر فسیل) و هم بیوپلاستیک‌های قابل تجزیه، مانند پلی‌لاکتیک اسید، پلی‌بوتیلن سوکسینات یا پلی‌هیدروکسی‌آلکانوئات‌ها (PHA) وجود دارند[۱۶۶-۱۷۰].

از سال ۲۰۱۸، زیست‌پلاستیک‌ها تقریباً ۰.۲٪ از تولید جهانی پلاستیک (بیش از ۳۸۰ میلیون تن) را تشکیل می‌دادند. در سال ۲۰۲۲، مهم‌ترین انواع زیست‌پلاستیک‌ها از نظر تجاری PLA و محصولات مبتنی بر نشاسته بودند. با ادامه تحقیقات در مورد زیست‌پلاستیک‌ها، سرمایه‌گذاری در شرکت‌های زیست‌پلاستیک و افزایش بررسی دقیق در مورد مواد مبتنی بر فسیل در حالی که تولید پلاستیک‌های فسیلی نیز به طور پیوسته در حال افزایش است، پلاستیک‌های زیستی در برخی بازارها در حال تسلط بیشتر هستند[۱۶۶].

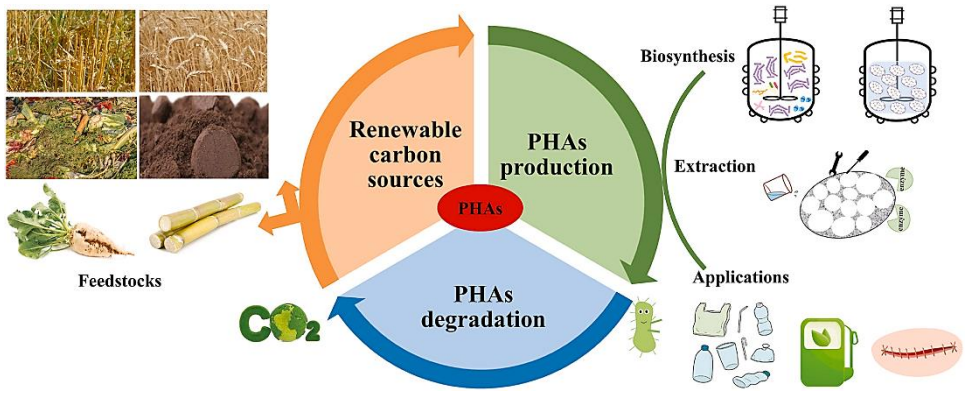
رایج‌ترین بیوپلاستیک‌های مورد استفاده شامل پلی‌لاکتیک اسید (PLA)، پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHA) و پلی‌اتیلن زیست‌تخریب‌پذیر (bio-PE) هستند. PLA از قندهای گیاهی تخمیر شده، که اغلب از ذرت یا نیشکر مشتق می‌شوند، تولید می‌شود و به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری‌اش به طور گسترده در بسته‌بندی مواد غذایی، کارد و چنگال یکبار مصرف و کاربردهای زیست‌پزشکی استفاده می‌شود. PHA که توسط تخمیر باکتریایی قندها یا لیپیدها تولید می‌شود، زیست‌تخریب‌پذیر است و در دستگاه‌های پزشکی، فیلم‌های کشاورزی و بسته‌بندی کاربرد دارد. بیو-پلی‌اتیلن (Bio-PE) که از اتانول نیشکر ساخته شده است، از نظر شیمیایی با پلی‌اتیلن معمولی یکسان است، اما تجدیدپذیر و از نظر کربن خنثی است[۱۶۶, ۱۷۱].

پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها[1] (PHA) گروهی از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌سازگار هستند که توسط میکروارگانیسم‌ها به عنوان یک ترکیب ذخیره‌کننده کربن و انرژی درون سلولی تولید می‌شوند. PHA به عنوان نوعی بیوپلاستیک طبقه‌بندی می‌شود و تولید آن به طور طبیعی در باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها زمانی که در معرض منابع کربن اضافی قرار می‌گیرند، معمولاً در شرایط محدود از نظر مواد مغذی، رخ می‌دهد. این پلیمرها از مونومرهای اسید هیدروکسی‌آلکانوئیک تشکیل شده‌اند که به یکدیگر متصل شده‌اند تا زنجیره‌های پلیمری طولانی تشکیل دهند. مونومرها می‌توانند از نظر طول و ساختار متفاوت باشند و در نتیجه طیف وسیعی از انواع مختلف PHA با خواص منحصر به فرد ایجاد می‌شود[۱۷۱-۱۷۵].

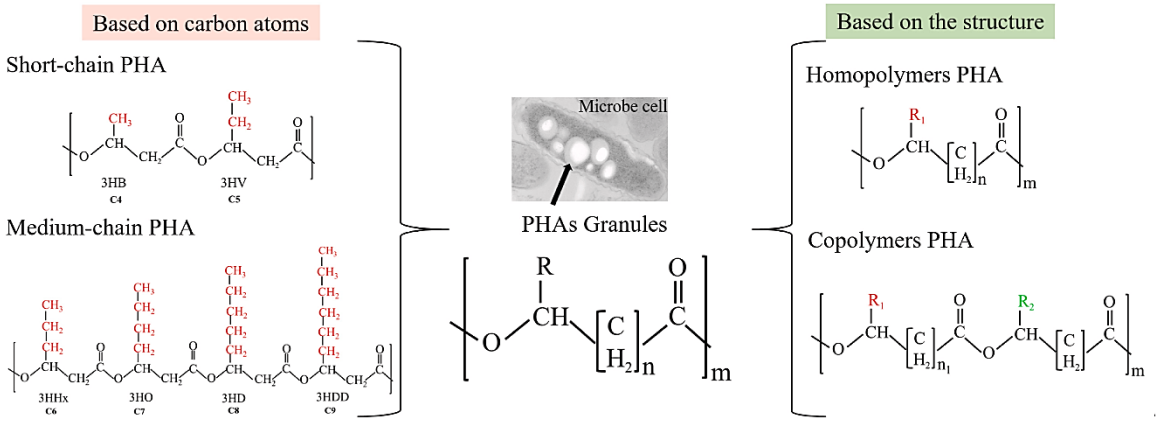
[1] Polyhydroxyalkanoates (PHA)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۷-۴) چرخه تولید PHA [۱۷۱]



شکل (۸-۴) ساختارهای شیمیایی عمومی پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHAها)، شامل دسته‌های مختلف: به ترتیب بر اساس اتم‌های کربن درون واحد مونومری و ساختار کلی PHA. تصویر گرانول‌های PHA درون سلول میکروبی [۱۷۱]

یکی از مهمترین مزایای PHA نسبت به پلاستیک‌های معمولی، زیست‌تخریب‌پذیری آن است. برخلاف پلاستیک‌های سنتی که صدها سال در محیط زیست باقی می‌مانند، PHA می‌تواند توسط میکروارگانیسم‌های طبیعی در معرض شرایط محیطی تجزیه شود. این امر آن را به ماده‌ای امیدوارکننده برای کاهش آلودگی پلاستیک، به ویژه در کاربردهایی که احتمال ورود زباله‌های پلاستیکی به محیط زیست وجود دارد، تبدیل می‌کند. PHA همچنین زیست‌سازگار است، به این معنی که برای استفاده در کاربردهای پزشکی و زیست‌پزشکی مانند مهندسی بافت، دارورسانی و بهبود زخم بی‌خطر است. از نظر کاربرد، PHA در طیف وسیعی از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بسته‌بندی، جایگزینی زیست‌تخریب‌پذیر برای پلاستیک‌های معمولی ارائه می‌دهد و اثرات زیست‌محیطی ضایعات پلاستیکی را کاهش می‌دهد. همچنین به دلیل زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری، در زمینه‌های پزشکی و زیست‌پزشکی، از جمله بخیه، ایمپلنت و سیستم‌های دارورسانی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، PHA برای استفاده در فیلم‌ها و پوشش‌های کشاورزی در حال بررسی است، زیرا می‌تواند بدون برجای گذاشتن بقایای مضر تجزیه شود[۱۷۱-۱۷۵].

انواع اصلی PHA شامل پلی‌هیدروکسی‌بوتیرات (PHB)، پلی‌هیدروکسی‌والرات (PHV) و کوپلیمرهای آنها است که PHB را با سایر مونومرها ترکیب می‌کنند تا موادی با خواص مختلف تشکیل دهند. PHB پرکاربردترین و تولید شده‌ترین شکل PHA است و خواصی مشابه پلی‌پروپیلن دارد. در محصولاتی مانند مواد بسته‌بندی، فیلم‌های کشاورزی و دستگاه‌های زیست‌پزشکی استفاده می‌شود. PHV و کوپلیمرهای آن انعطاف‌پذیری بیشتر و بلورینگی کمتری نسبت به PHB دارند که آنها را برای

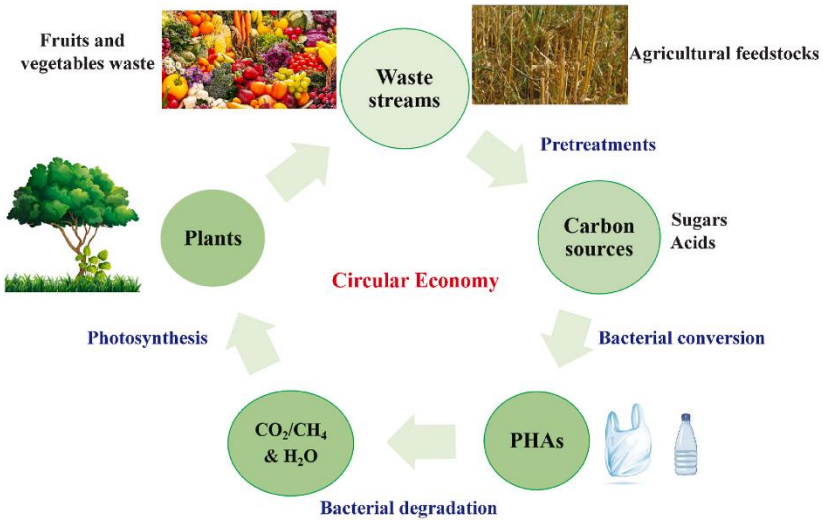
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کاربردهایی که انعطاف‌پذیری و دوام ضروری است، مناسب می‌کند[۱۷۱].

PHA معمولاً از طریق تخمیر باکتریایی تولید می‌شـــود، میکروارگانیســـم‌هایی مانند *Cupriavidus necator* یا *Alcaligenes eutrophus* منابع کربنی مانند قندها، روغن‌های گیاهی یا مواد زائد را برای تولید پلیمر متابولیزه می‌کنند. فرآیند تولید عموماً شـــامل دو مرحله اســـت: مرحله اول شـــامل رشـــد باکتری‌ها در یک محیط غنی از مواد مغذی اســـت و مرحله دوم، که در آن باکتری‌ها تحت فشـــار مواد مغذی (مانند محدودیت نیتروژن یا فسـفر) قرار می‌گیرند، باعث تجمع PHA در سـلول‌ها می‌شـود. سپس پلیمر از سلول‌های میکروبی استخراج و خالص‌سازی می‌شود[۱۷۱-۱۷۵].

نقش PHA در اقتصاد چرخشی رو به افزایش است، زیرا می‌توان آن را از طریق فرآیندهای میکروبی بازیافت کرد و این امر آن را برای سیستم‌های حلقه بسته مناسب می‌سازد. PHA همچنین می‌تواند به اشکال مختلفی مانند فیلم، الیاف و محصولات قالب‌گیری شده فرآوری شود و تطبیق‌پذیری را در صنایع مختلف فراهم کند. تولید PHAها از جریان‌های ضایعات، نیاز به مواد اولیه و ضایعات را کاهش می‌دهد که یک سیستم حلقه بسته را در یک اقتصاد چرخشی امکان‌پذیر می‌کند. حلقه بسته کلی تولید PHAها از مواد اولیه زائد در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۹-۴) حلقه بسته تولید PHA از مواد اولیه ضایعاتی[۱۷۱]

به طور کلی، در حالی که محدودیت‌های فعلی در هزینه تولید و مقیاس‌پذیری همچنان پابرجاست، PHA پتانسیل عظیمی به عنوان یک جایگزین پایدار برای پلاستیک‌های مبتنی بر نفت دارد. تلاش‌های پیوسته تحقیق و توسعه با هدف بهبود راندمان تولید و گسترش گزینه‌های خوراک می‌تواند PHA را به ماده‌ای مناسب برای طیف وسیعی از کاربردها تبدیل کند و به اقتصاد پایدارتر و چرخشی‌تر پلاستیک‌ها کمک کند.

پیش‌بینی می‌شود بازار بیوپلاستیک‌ها و بیوپلیمرها از ۱۷.۵۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۵ به ۴۵.۰۴ میلیارد دلار تا سال ۲۰۳۰ برسد و در طول دوره پیش‌بینی، نرخ رشد مرکب سالانه ۲۰.۰۷ درصد را تجربه کند. رشد بازار ناشی از افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی و تلاش جهانی برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی است. افزایش مقررات و سیاست‌های دولتی در حمایت از مواد پایدار، همراه با ممنوعیت پلاســـتیک‌های یکبار مصـــرف در بســـیاری از مناطق، پذیرش این مواد را ســـرعت می‌بخشد. تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات سازگار با محیط زیست، همراه با افزایش آگاهی از آلودگی پلاستیک و نیاز به کاهش ردپای کربن، رشـــد بازار را بیشـــتر تقویت می‌کند. پیشـــرفت در فناوری و بهبود عملکرد و مقرون‌به‌صـــرفه بودن بیوپلاستیک‌ها نیز آنها را برای استفاده در صنایع بسته‌بندی، خودرو، کشاورزی و کالاهای مصرفی کاربردی‌تر می‌کند. علاوه بر

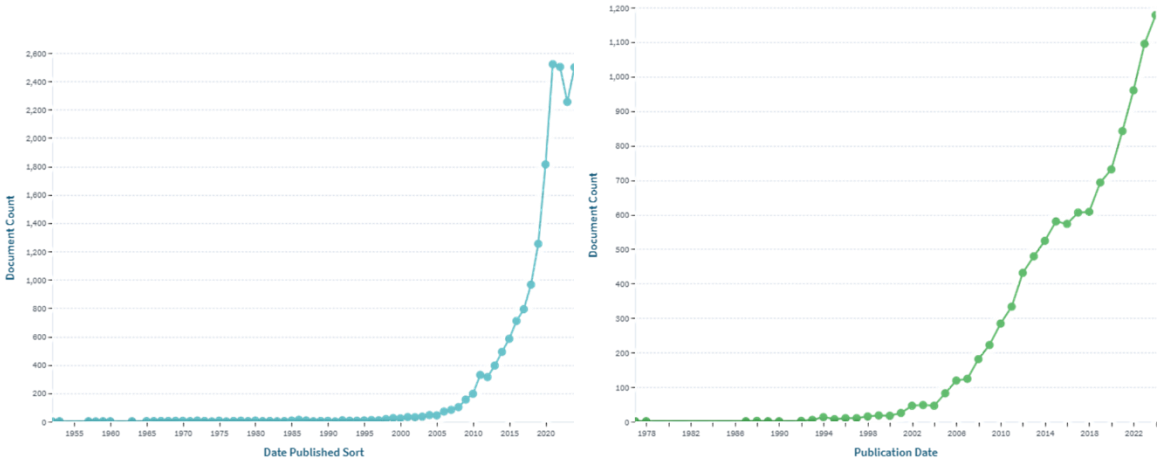
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

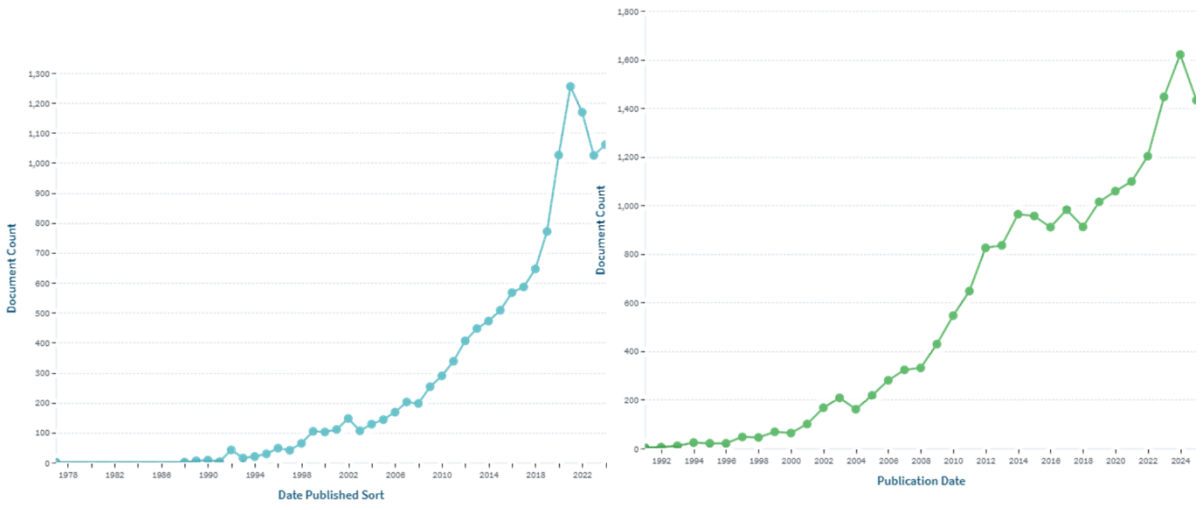
این، برندها و تولیدکنندگان بزرگ، مواد زیستی را در استراتژی‌های پایداری خود گنجانده‌اند و فرصت‌های رشد قابل‌توجهی ایجاد می‌کنند[۱۷۶].

اندازه بازار جهانی پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها(PHA) در سال ۲۰۲۳، ۶۵۰.۷ میلیون دلار تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۱,۲۲۲.۱ میلیون دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۹.۴ درصد از سال ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۰ رشد کند. افزایش آلودگی پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر در سطح جهان، تهدید عوارض مختلف ناشی از این آلودگی را افزایش می‌دهد و منجر به افزایش تقاضا برای اقدامات پایدار برای مدیریت مؤثر آلودگی پلاستیک و در نتیجه افزایش تقاضا برای پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHA) می‌شود[۱۷۷].

شکل زیر روند رو به رشد مقالات و پتنت‌های مربوط به این حوزوه را نمایش می‌دهد.



شکل (۱۰-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) بیوپلاستیک‌ها



شکل (۱۱-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) PHA

ازیگران اصلی جهانی در صنعت بیوپلاستیک شامل شرکت‌های شیمیایی معتبر و نوآوران متعهد بیوپلیمر هستند. این شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری در تحقیقات، فناوری و مشارکت برای افزایش تولید و گسترش کاربردها، رشد بازار را هدایت می‌کنند.

۱. NatureWorks LLC (ایالات متحده): تولیدکننده بزرگ جهانی بیوپلیمرهای پلی‌لاکتیک اسید (PLA) تحت برند Ingeo™. این شرکت حاصل سرمایه‌گذاری مشترک بین Cargill و PTT Global Chemical است که بر مواد پایدار

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

و گیاهی برای بسته‌بندی، الیاف و چاپ سه‌بعدی تمرکز دارد.

۲. BASF SE (آلمان): یک نیروگاه شیمیایی جهانی که طیف گسترده‌ای از پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر و زیست‌پایه، از جمله برند ecovio® خود را ارائه می‌دهد. BASF بر اصول اقتصاد چرخشی و تحقیق و توسعه پیشرفته برای ایجاد مواد برای بسته‌بندی، کشاورزی و سایر کالاها تأکید دارد.

۳. Braskem (برزیل): پیشگام در پلی‌اتیلن زیست‌پایه، تولید شده از اتانول نیشکر تحت برند "I'm green™". براسکم (Braskem) یک تولیدکننده بزرگ بیوپلیمر است که بر راه‌حل‌های پایدار برای بخش‌های بسته‌بندی، خودرو و کالاهای مصرفی تمرکز دارد.

۴. شرکت TotalEnergies Corbion (هلند): یک سرمایه‌گذاری مشترک متخصص در بیوپلاستیک‌های Luminy® PLA که از منابع تجدیدپذیر مانند نیشکر مشتق شده‌اند و به عنوان کمپوست‌پذیر تأیید شده‌اند.

۵. شرکت Novamont (ایتالیا): یک نوآور پیشرو در بیوپلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر و کمپوست‌پذیر، از جمله خط تولید Mater-Bi®. این شرکت به دلیل ایجاد زنجیره‌های ارزش محلی یکپارچه زیست‌تخریب‌پذیر شناخته شده است.

۶. شرکت Danimer Scientific (ایالات متحده): شرکتی که در بیوپلاستیک‌های پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات (PHA)، یک ماده زیست‌تخریب‌پذیر مشتق شده از روغن‌های طبیعی، تخصص دارد. فناوری Nodax® آنها برای ایجاد جایگزین‌هایی برای پلاستیک‌های یکبار مصرف برای برندهای بزرگ استفاده می‌شود.

۷. شرکت Mitsubishi Chemical Group (ژاپن): این شرکت محصولات زیست‌تخریب‌پذیر مانند BioPBS™، یک پلاستیک زیست‌تخریب‌پذیر ساخته شده از منابع گیاهی تجدیدپذیر، ارائه می‌دهد. این شرکت در کاربردهایی مانند بسته‌بندی و فیلم‌های کشاورزی فعالیت می‌کند.

شرکت‌های متعددی در سراسر جهان، بازیگران کلیدی در توسعه و تولید پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHA) هستند. این بیوپلاستیک‌ها به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری و پتانسیل ارائه جایگزین‌های پایدار برای پلاستیک‌های معمولی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. رهبران بازار، تمرکز خود را از تولید در مقیاس بزرگ تا کاربردهای تخصصی، متفاوت می‌دانند.

۱. شرکت Kaneka (ژاپن): این تولیدکننده مواد شیمیایی، بازیگر مهمی در بازار PHA است و در طیف وسیعی از مواد زیست‌تخریب‌پذیر تخصص دارد. PHA با نام تجاری "Green Planet®" این شرکت، از روغن‌های گیاهی تجدیدپذیر از طریق فرآیند تخمیر زیستی تولید می‌شود. PHA کانکا، که با نام PHBH شناخته می‌شود، زیست‌پایه است و می‌تواند در کاربردهایی مانند بسته‌بندی، فیلم و کارد و چنگال استفاده شود.

۲. CJ Biomaterials (کره جنوبی): CJ Biomaterials به عنوان یک رهبر جهانی در تولید PHA، با نام تجاری "PHACT™" خود متعهد به ایجاد راه‌حل‌های سازگار با محیط زیست است. این شرکت پلیمرهای PHA سفارشی را از طریق تخمیر قندهای گیاهانی مانند ذرت، نیشکر و تاپیوکا تولید می‌کند. محصولات آن برای استفاده در بسته‌بندی، خدمات غذایی و محصولات مراقبت شخصی به بازار عرضه می‌شوند.

۳. RWDC Industries (سنگاپور): این شرکت بر توسعه بیوپلیمرهای با کارایی بالا و پایدار از نظر زیست‌محیطی تمرکز دارد. آنها از منابع تجدیدپذیر استفاده می‌کنند و هدفشان ایجاد جایگزین‌هایی برای پلاستیک‌های یکبار مصرف است. RWDC Industries به خاطر تعهدش به اقتصاد چرخشی شناخته شده است و برای افزایش دسترسی جهانی به PHA مشارکت‌هایی را تشکیل داده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۴. Newlight Technologies LLC (ایالات متحده): Newlight، یک نوآور برجسته در حوزه PHA، یک بیوپلیمر تجدیدپذیر به نام "AirCarbon" تولید می‌کند که با تبدیل گازهای گلخانه‌ای ساخته می‌شود. این فناوری، مشارکت‌هایی را با برندهای مصرفی اصلی مانند IKEA، The Body Shop و Dell برای استفاده در مبلمان، بسته‌بندی و لوازم الکترونیکی جذب کرده است.

۵. TianAn Biologic Materials Co., Ltd. (چین): TianAn، یک تولیدکننده کلیدی در منطقه آسیا و اقیانوسیه، بیوپلاستیک‌های PHA تولید می‌کند و آنها را از طریق توزیع‌کنندگان به اروپا صادر می‌کند. این شرکت تولیدکننده مهمی در بخش طول زنجیره کوتاه (SCL-PHA) است که در کاربردهایی مانند بسته‌بندی و دستگاه‌های زیست‌پزشکی استفاده می‌شود. شرکت Danimer Scientific (ایالات متحده): Danimer، تولیدکننده عمده بیوپلیمرهای PHA، اگرچه اخیراً با چالش‌های مالی مواجه شده است، اما در فرمولاسیون‌هایی برای کاربردهایی مانند پوشش‌ها، فیلم و قالب‌گیری تزریقی تخصص دارد. برند PHA با نام تجاری "Nodax®" آنها توسط برندهای مختلف برای نی‌ها و سایر جایگزین‌های پلاستیکی یکبار مصرف استفاده شده است.

۶. شرکت Bluepha (چین): این شرکت چینی یک نوآور رو به رشد در توسعه PHA است. Bluepha با تمرکز بر ایجاد جایگزین‌های قطره‌ای برای پلاستیک‌های سنتی، وارد همکاری‌های استراتژیک برای پیشبرد توسعه و استفاده از PHA شده است.

بازار PHA رقابتی است و همچنان در حال تکامل است و بازیگران از طریق نوآوری، گسترش ظرفیت و مشارکت‌های استراتژیک برای سهم بازار رقابت می‌کنند. هزینه بالای تولید PHA در مقایسه با پلاستیک‌های معمولی همچنان یک چالش است، اگرچه انتظار می‌رود با پیشرفت فناوری و دستیابی به اقتصاد مقیاس، رقابتی‌تر شود. افزایش تقاضا برای بسته‌بندی پایدار و افزایش آگاهی از آلودگی پلاستیک، محرک‌های کلیدی پیش‌برنده بازار هستند.

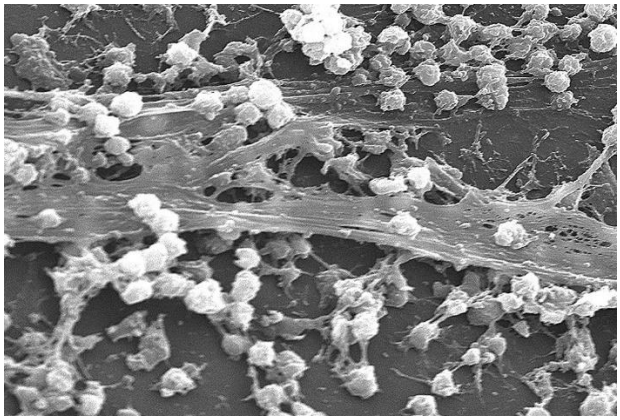
۴-۵-۴- بیوفیلم

بیوفیلم یک اجتماع پیچیده و خودسازمان‌یافته از میکروارگانیسم‌ها است که در آن سلول‌ها به یکدیگر و اغلب به یک سطح می‌چسبند و همگی در یک لجن پلیمری خودساخته به نام ماده پلیمری خارج سلولی (EPS) محصور شده‌اند[۱۷۸]. این شیوه زندگی که به عنوان فرم بی‌ثبات شناخته می‌شود، حالت رشد طبیعی و غالب برای اکثر میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های مختلف است که از نظر بیان ژن و سرعت رشد با همتایان شناور آزاد یا پلانکتونی خود تفاوت قابل توجهی دارد[۱۷۹]. ماتریس EPS ویژگی تعیین‌کننده بیوفیلم است که معمولاً تا ۹۰٪ از جرم خشک ساختار را تشکیل می‌دهد و از مخلوطی ناهمگن از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA خارج سلولی (eDNA) ترشح شده تشکیل شده است که به عنوان داربست عمل می‌کند و پایداری مکانیکی را برای ساختار پیچیده و سه‌بعدی فراهم می‌کند[۱۸۰]. این ماتریکس اغلب حاوی میکروکانال‌هایی است که جریان مواد مغذی و حذف

مواد زائد را تسهیل می‌کنند و به ناهمگونی و بقای کلونی‌های سلولی تعبیه شده در داخل کمک می‌کنند[۱۸۱].

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



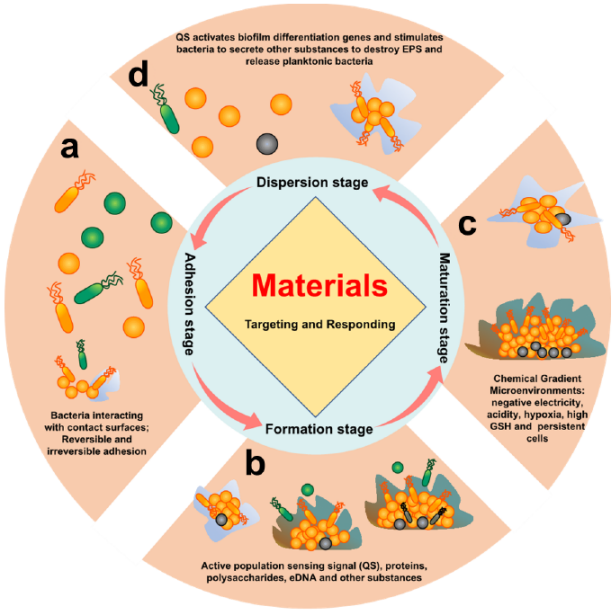
شکل (۱۲-۴) بیوفیلم *Staphylococcus* [۱۸۲]

تشکیل بیوفیلم یک فرآیند چند مرحله‌ای است که با انتقال سلول‌های پلانکتونی به یک سطح و اتصال برگشت‌پذیر، که معمولاً توسط نیروهای غیر اختصاصی انجام می‌شود، آغاز می‌شود[۱۸۱]. این اتصال به سرعت با اتصال برگشت‌ناپذیر دنبال می‌شود که اغلب شامل بیان ساختارهای تخصصی سطح سلول مانند فیمبریه و پیلی است[۱۸۰]. پس از اتصال برگشت‌ناپذیر، سلول‌های میکروبی شروع به تکثیر و ترشح ماتریکس EPS می‌کنند و میکروکلونی‌های سه‌بعدی تشکیل می‌دهند. این مرحله به شدت توسط حس حد نصاب، نوعی ارتباط سلول به سلول که رفتار جمعی را بر اساس تراکم جمعیت هماهنگ می‌کند و منجر به مرحله نهایی بلوغ می‌شود، تنظیم می‌شود[۱۷۹]. در نهایت، بیوفیلم پراکنده می‌شود و سلول‌های منفرد یا توده‌هایی را دوباره به محیط آزاد می‌کند تا در مکان‌های جدید ساکن شوند و چرخه را تداوم بخشند[۱۸۳].

اهمیت پزشکی و صنعتی بیوفیلم‌ها عمدتاً در مزایای عمده‌ای است که ساختار به میکروارگانیسم‌های جاسازی‌شده، به‌ویژه از نظر محافظت و مقاومت، می‌دهد. سلول‌های درون یک بیوفیلم بالغ می‌توانند تا ۱۰۰۰ برابر افزایش تحمل و مقاومت در برابر داروهای ضدمیکروبی در مقایسه با اشکال پلانکتونی خود نشان دهند، پدیده‌ای که به عنوان مقاومت شناخته می‌شود[۱۷۹, ۱۸۴]. این مقاومت افزایش‌یافته چند عاملی است: ماتریس متراکم EPS به عنوان یک مانع فیزیکی عمل می‌کند که نفوذ آنتی‌بیوتیک‌ها را کند می‌کند. ریزمحیط منحصر به فرد درون بیوفیلم، که با شیب مواد مغذی و اکسیژن مشخص می‌شود، فیزیولوژی میکروبی را تغییر می‌دهد و اثربخشی بسیاری از عوامل ضدمیکروبی را کاهش می‌دهد. و نزدیکی سلول‌ها، افزایش سرعت انتقال افقی ژن را تسهیل می‌کند و امکان گسترش سریع ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی را فراهم می‌کند[۱۸۰, ۱۸۴]. از نظر پزشکی، بیوفیلم‌ها مسئول تخمینی ۶۵ تا ۸۰ درصد از کل عفونت‌های مزمن و عودکننده انسانی، از جمله ذات‌الریه فیبروز کیستیک، پریودنتیت و زخم‌های مزمن هستند[۱۷۹, ۱۸۵]. آن‌ها یک نگرانی اساسی برای عفونت‌های مرتبط با دستگاه (IDRIs) هستند، جایی که آن‌ها سطوح ایمپلنت‌هایی مانند کاتترها، دریچه‌های مصنوعی قلب و جایگزین‌های مفصل را کلونیزه می‌کنند و اغلب نیاز به برداشتن جراحی دستگاه آلوده دارند (MDPI, 2023). از نظر صنعتی، بیوفیلم‌ها باعث مشکلات گسترده‌ای مانند رسوب زیستی در بدنه کشتی‌ها می‌شوند که باعث افزایش نیروی کشش و مصرف سوخت می‌شود و همچنین باعث وخامت قابل توجه در سیستم‌های توزیع آب و فرآوری مواد غذایی می‌شوند که منجر به آسیب به تجهیزات و آلودگی محصول می‌شود[۱۸۰]. در نتیجه، مدیریت بیوفیلم‌ها در هر دو محیط بالینی و صنعتی همچنان یک چالش عمده اقتصادی و بهداشت عمومی است[۱۸۳].

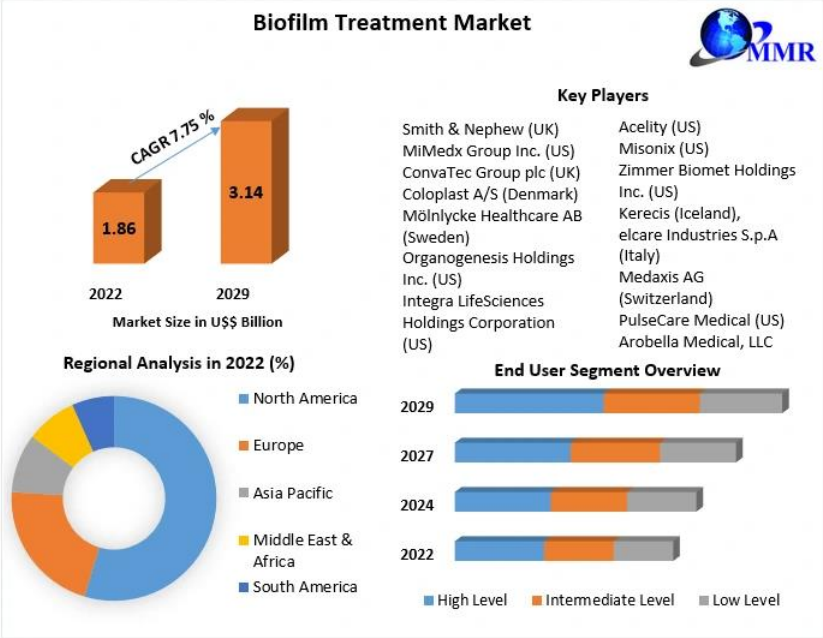
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۳-۴) چرخه زندگی بیوفیلم [۱۸۶]

بازار جهانی بیوفیلم‌ها در سال ۲۰۲۲ تقریباً ۱.۳ میلیارد دلار ارزش‌گذاری شده بود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۲ به حدود ۳.۵ میلیارد دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) حدود ۷.۶٪ رشد کند. گزارش‌های دیگر ارقام کمی متفاوت ارائه می‌دهند، یکی از آنها اندازه بازار ۲۰۲۲ را ۱.۸۶ میلیارد دلار تخمین می‌زند که تا سال ۲۰۲۹ با نرخ رشد مرکب سالانه ۷.۷۵٪به تقریباً ۳.۱۴ میلیارد دلار می‌رسد، در حالی که گزارش دیگری بازار ۲۰۲۵ را ۳.۱۸ میلیارد دلار پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۳۲ با نرخ رشد مرکب سالانه ۹.۶۶٪ به ۶.۶۵ میلیارد دلار می‌رسد[۱۸۷-۱۹۰].

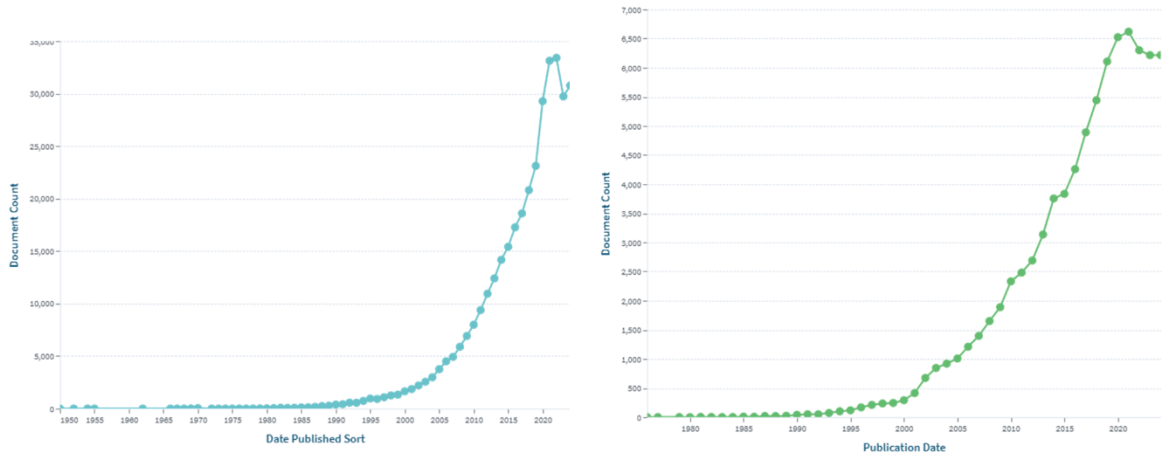


شکل (۱۴-۴) بازار بیوفیلم [۱۸۹]

شکل زیر مجموعه مقالات و پتنت‌های مربوط به بیوفیلم را نمایش می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۵-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) بیوفیلم

بازیگران کلیدی جهانی در زمینه بیوفیلم‌ها، به ویژه در تحقیق، درمان و مدیریت عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم، در بخش‌های داروسازی، بیوتکنولوژی و مراقبت‌های بهداشتی فعالیت دارند. این بازیگران به طور قابل توجهی در درک تشکیل بیوفیلم، تأثیر آن بر مقاومت ضدمیکروبی (AMR) و توسعه مداخلات درمانی نقش دارند. در زیر به برخی از سازمان‌ها، شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی قابل توجه اشاره شده است:

۱. Medtronic: Medtronic یک شرکت پیشرو در فناوری مراقبت‌های بهداشتی جهانی است که به طور قابل توجهی در توسعه راه‌حل‌هایی برای پیشگیری و مدیریت عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم، به ویژه در دستگاه‌های پزشکی، نقش داشته است. تمرکز آنها شامل استفاده از پوشش‌های ضدمیکروبی و درمان‌های سطحی برای جلوگیری از تشکیل بیوفیلم روی ایمپلنت‌ها و دستگاه‌ها است.

۲. 3M :3M در تحقیقات بیوفیلم، به ویژه در زمینه مراقبت از زخم‌های پزشکی و جراحی، مشارکت دارد. این شرکت محصولات پیشرفته‌ای برای مراقبت از زخم تولید کرده است که حاوی نقره و سایر عوامل ضدمیکروبی هستند و هدف آنها کاهش عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم در زخم‌های مزمن و سوختگی‌ها می‌باشد.

۳. Merck & Co. (MSD): شرکت مرک تحقیقات گسترده‌ای در مورد نقش بیوفیلم‌ها در عفونت‌های مزمن، به ویژه عفونت‌های مرتبط با دستگاه‌های پزشکی قابل کاشت و فیبروز کیستیک انجام داده است. تحقیقات آنها شامل توسعه داروها و مداخلات درمانی است که باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم را هدف قرار می‌دهند.

۴. Pfizer: فایزر بازیگر اصلی در صنعت داروسازی است و تحقیقات بیوفیلم را در زمینه بیماری‌های مزمن تنفسی، مانند فیبروز کیستیک، که در آن بیوفیلم‌ها نقش اصلی را ایفا می‌کنند، بررسی کرده است. آنها همچنین در توسعه آنتی‌بیوتیک‌هایی با هدف مبارزه با عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم مشارکت دارند.

۵. Biomerieux در زمینه تشخیص تخصص دارد و تخصص آن در تشخیص‌های مرتبط با بیوفیلم به تشخیص عفونت‌های ناشی از عوامل بیماری‌زای تشکیل‌دهنده بیوفیلم کمک می‌کند. ابزارهای تشخیصی این شرکت در شناسایی عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم در محیط‌های مراقبت‌های بهداشتی بسیار مهم هستند.

۶. Sterilex: استریلکس در کنترل بیوفیلم، به ویژه در محیط‌های صنعتی و مراقبت‌های بهداشتی، پیشرو است. این شرکت راهکارهای تمیزکننده و ضدعفونی‌کننده‌ای را توسعه می‌دهد که تشکیل بیوفیلم روی سطوح را در صنایع

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مختلف، از جمله فرآوری مواد غذایی، مراقبت‌های بهداشتی و تصفیه آب، هدف قرار می‌دهند.

۷. Johnson & Johnson از طریق بخش تجهیزات پزشکی خود، نقشی کلیدی در توسعه استراتژی‌های پیشگیری از بیوفیلم برای دستگاه‌های قابل کاشت دارد. این شرکت بر روی نوآوری‌هایی مانند پوشش‌های ضدمیکروبی برای کاهش خطر عفونت‌های مرتبط با ایمپلنت‌های جراحی کار کرده است.

۸. Novartis بر تحقیقات بیوفیلم در زمینه عفونت‌های مزمن مانند استئومیلیت، سینوزیت و فیبروز کیستیک تمرکز کرده است. آنها توسعه آنتی‌بیوتیک‌های جدید و درمان‌های جایگزین را که پاتوژن‌های مرتبط با بیوفیلم را هدف قرار می‌دهند، بررسی کرده‌اند.

۹. AbbVie: AbbVie در تحقیقات بیوفیلم، به ویژه در زمینه عفونت‌های مزمن و سرطان، که در آن بیوفیلم‌ها رژیم‌های درمانی را پیچیده می‌کنند، مشارکت دارد. این شرکت در حال توسعه درمان‌هایی برای تجزیه بیوفیلم‌ها یا جلوگیری از تشکیل آنها بوده است.

۱۰. University of Iowa (Center for Biofilm Engineering): مرکز مهندسی بیوفیلم دانشگاه آیووا یک موسسه تحقیقاتی پیشرو است که به مطالعه بیوفیلم‌ها و نقش آنها در بیماری‌های مختلف و فرآیندهای صنعتی اختصاص دارد. این مرکز مطالعاتی در رابطه با پیشگیری از تشکیل بیوفیلم و توسعه درمان‌های جدید هدفمند برای بیوفیلم انجام می‌دهد.

۱۱. The Biofilm Research Consortium (BRC): این کنسرسیوم متشکل از دانشگاه‌ها، موسسات مراقبت‌های بهداشتی و شرکت‌های بیوتکنولوژی مختلف است که به طور مشترک برای بررسی مکانیسم‌های تشکیل بیوفیلم و راه‌های مبارزه با عفونت‌های مرتبط با بیوفیلم همکاری می‌کنند. آنها بر پیامدهای بالینی بیوفیلم‌ها در عفونت‌های مزمن و توسعه فناوری‌های جدید برای پیشگیری از بیوفیلم تمرکز دارند.

۱۲. GSK (GlaxoSmithKline): GSK در حال تحقیق در مورد نقش بیوفیلم‌ها در بیماری‌های مختلف، از جمله عفونت‌های مزمن تنفسی است و بر روی توسعه درمان‌هایی که به طور خاص باکتری‌های تشکیل‌دهنده بیوفیلم را در بیماری‌هایی مانند ذات‌الریه و فیبروز کیستیک هدف قرار می‌دهند، کار کرده است.

۵-۵-۴- مهندسی/ طراحی فرایندهای زیستی

مهندسی فرایندهای زیستی[1]، پل بنیادی است که اکتشافات بنیادی بیولوژیکی را به کاربرد تجاری آنها در دنیای واقعی متصل می‌کند و به عنوان موتور اصلی دنیای بیوتکنولوژی صنعتی عمل می‌کند. این حوزه مسئول به کارگیری اصول مهندسی، شیمی و زیست‌شناسی در توسعه و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید در مقیاس بزرگ برای محصولات مشتق‌شده از زیست‌فناوری است که شامل همه چیز از داروها و واکسن‌ها گرفته تا سوخت‌های زیستی، بیوپلاستیک‌ها و مواد شیمیایی زیستی می‌شود (مهندسی شیمی - ویکی‌پدیا). هدف اصلی، تبدیل یک فرآیند امیدوارکننده که در یک فلاسک آزمایشگاهی کوچک کار می‌کند به یک عملیات صنعتی عظیم، قابل اعتماد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است (EBSCO).

[1] Bioprocess engineering

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نقش اصلی مهندسی فرایندهای زیستی در تضمین امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بودن یک محصول نهفته است. مهندسان فرایندهای زیستی کل زنجیره تولید را طراحی، نظارت و کنترل می‌کنند که شامل دو مرحله اصلی است: پردازش بالادستی و پایین‌دستی. پردازش بالادستی شامل کشت اولیه موجودات زنده - مانند باکتری‌ها، مخمرها یا سلول‌های پستانداران - در محیط‌های کنترل‌شده، معمولاً در بیوراکتورهای بزرگ یا تخمیرکننده‌ها (OpenPR). طراحی این بیوراکتورها بسیار مهم است، زیرا مهندسان باید پارامترهایی مانند دما، pH، هوادهی، همزدن و تأمین مواد مغذی را مدیریت و بهینه کنند تا رشد کاتالیزور بیولوژیکی و بازده محصول هدف را به حداکثر برسانند. دستیابی به مقیاس‌پذیری موفقیت‌آمیز از حجم‌های آزمایشگاهی به مخازن صنعتی، که می‌توانند هزاران لیتر را در خود جای دهند، نیاز به تجزیه و تحلیل مهندسی پیچیده‌ای دارد تا اطمینان حاصل شود که شرایط فیزیکی مانند اختلاط و انتقال جرم در مقیاس‌های مختلف ثابت می‌ماند.

دومین نقش اصلی در پردازش پایین‌دستی است که شامل خالص‌سازی و جداسازی محصول مورد نظر از بقایای سلولی، محیط کشت و هرگونه محصول جانبی (MDPI) است. این مرحله که به عنوان جداسازی زیستی شناخته می‌شود، اغلب هزینه نهایی و خلوص محصول را تعیین می‌کند. اصول طراحی بیوراکتور در اینجا برای انتخاب و بهینه‌سازی فناوری‌های جداسازی مانند فیلتراسیون، سانتریفیوژ و کروماتوگرافی به کار گرفته می‌شوند تا از نرخ بازیابی بالا، حداکثر خلوص و حداقل مصرف انرژی (MDPI) اطمینان حاصل شود. ادغام مفاهیم جدیدی مانند Bioprocessing 4.0 - که از هوش مصنوعی، دوقلوهای دیجیتال و حسگرهای پیشرفته برای نظارت بر زمان واقعی و کنترل کیفیت پیش‌بینی‌کننده استفاده می‌کند - بر پیچیدگی و اهمیت روزافزون مهندسی در این زمینه تأکید بیشتری دارد.

علاوه بر این، مهندسی فرایندهای زیستی یک محرک حیاتی برای پایداری در اقتصاد زیستی مدرن است. مهندسان با تمرکز بر مهندسی فرایندهای زیستی پایدار، با به حداقل رساندن ضایعات، استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر (مانند پسماندهای کشاورزی) و توسعه فرآیندهای حلقه بسته، برای کاهش ردپای زیست‌محیطی تولید تلاش می‌کنند این رویکرد جامع که عوامل محیطی، اقتصادی و اجتماعی را ارزیابی می‌کند، برای طراحی روش‌های تولیدی که هم نوآورانه و هم مسئولانه باشند، ضروری است. به طور خلاصه، بدون دانش دقیق از مهندسی و طراحی فرایندهای زیستی، اکتشافات موفقیت‌آمیز انجام شده در زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک به سادگی محدود به آزمایشگاه می‌ماند و هرگز به عنوان محصولات در دسترس و مقرون به صرفه به بازار نمی‌رسد.

مهندسی فرایندهای زیستی به دلیل پتانسیل آن برای رفع نیازهای حیاتی ملی، از جمله تولید صنعتی پایدار، تنوع اقتصادی و توسعه محصولات زیستی، از اهمیت قابل توجهی برای بخش زیست‌فناوری ایران برخوردار است. با توجه به تقاضای روزافزون برای راه‌حل‌های سازگار با محیط زیست و پایدار، مهندسی فرایندهای زیستی چارچوبی را برای افزایش مقیاس فرآیندهای زیست‌فناوری از محیط‌های آزمایشگاهی به تولید در مقیاس تجاری فراهم می‌کند. دلایل اهمیت این موضوع در کشور را می‌توان در موارد زیر جستجو نمود:

۱. توسعه صنعتی پایدار: بخش صنعتی ایران که به شدت به نفت و گاز وابسته است، با فشار فزاینده‌ای برای تنوع‌بخشی و اتخاذ شیوه‌های پایدارتر روبرو است. مهندسی فرایندهای زیستی نقش حیاتی در توسعه جایگزین‌های زیستی برای محصولات مبتنی بر نفت، مانند سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و مواد شیمیایی زیست پایه ایفا می‌کند. این محصولات زیستی که از منابع تجدیدپذیر مانند ضایعات کشاورزی مشتق می‌شوند، می‌توانند وابستگی ایران به سوخت‌های فسیلی را به میزان قابل توجهی کاهش دهند و به اقتصادی پایدارتر و متنوع‌تر کمک کنند. مهندسی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فرایندهای زیستی امکان طراحی و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید سوخت زیستی در مقیاس بزرگ را فراهم می‌کند که برای بخش انرژی ایران، به‌ویژه با توجه به فشار جهانی برای منابع انرژی تجدیدپذیر، ضروری است.

۲. توسعه صنعت داروسازی: ایران دارای یک صنعت داروسازی جاافتاده است که طیف گسترده‌ای از داروها را برای مصرف داخلی و صادرات تولید می‌کند. با این حال، برای حفظ مزیت رقابتی خود، ایران نیاز به نوآوری و افزایش تولید داروهای بیولوژیک، واکسن‌ها و سایر داروهای زیستی دارد. مهندسی فرایندهای زیستی کلید توسعه و تولید موفقیت‌آمیز این محصولات است. مهندسان فرایندهای زیستی با بهینه‌سازی فرآیندهای تخمیر، سیستم‌های کشت سلولی و تصفیه پایین‌دستی، می‌توانند به افزایش بازده و کارایی تولید دارو کمک کنند. این امر نه تنها کیفیت محصولات مراقبت‌های بهداشتی را افزایش می‌دهد، بلکه وابستگی به واردات داروهای خارجی را نیز کاهش می‌دهد، که به‌ویژه با توجه به تحریم‌ها اهمیت دارد.

۳. بهبود محصولات غذایی و کشاورزی: مهندسی فرایندهای زیستی در بهبود تولید مواد غذایی از طریق فرآیندهایی مانند تخمیر، تولید آنزیم و توسعه آفت‌کش‌های زیستی و کودهای زیستی ضروری است. با توجه به وابستگی کشاورزی ایران، پتانسیل عظیمی برای بهینه‌سازی فرآیندهای کشاورزی و توسعه راه‌حل‌های جدید مبتنی بر زیست‌محیطی وجود دارد که باعث بهبود عملکرد و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود. به عنوان مثال، ایران می‌تواند از نوآوری‌ها در تولید پروبیوتیک‌ها، آنزیم‌های مورد استفاده در فرآوری مواد غذایی و مواد بسته‌بندی زیستی که همگی به مهندسی فرایندهای زیستی نیاز دارند، بهره‌مند شود.

۴. پایداری زیست‌محیطی: ایران با چالش‌های زیست‌محیطی قابل توجهی مانند کمبود آب، آلودگی و مدیریت پسماند مواجه است. مهندسی فرایندهای زیستی با فراهم کردن امکان توسعه فناوری‌های تبدیل زباله به انرژی، زیست‌پالایی و سیستم‌های مدیریت پایدار پسماند، راه‌حل‌هایی برای این چالش‌ها ارائه می‌دهد. برای مثال، پالایش زیستی، فرآیندی که در آن زیست‌توده به طیف وسیعی از محصولات با ارزش افزوده (از جمله سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی) تبدیل می‌شود، می‌تواند رویکردی متحول‌کننده در مدیریت پسماند در بخش صنعتی ایران باشد. علاوه بر این، مهندسی فرایندهای زیستی از ایجاد سیستم‌هایی برای تصفیه فاضلاب پشتیبانی می‌کند و به کاهش آلودگی و ارتقای پایداری زیست‌محیطی در بخش‌های مختلف صنعتی کمک می‌کند.

۵. تنوع اقتصادی و ایجاد شغل: در حالی که ایران به دنبال تنوع بخشیدن به اقتصاد خود است، بیوتکنولوژی و مهندسی فرایندهای زیستی بخش‌های حیاتی برای رشد هستند. با سرمایه‌گذاری در مهندسی فرایندهای زیستی، ایران می‌تواند نوآوری و کارآفرینی در بیوتکنولوژی را تقویت کند و منجر به ایجاد استارت‌آپ‌ها و صنایع جدید متمرکز بر زیست‌داروها، سوخت‌های زیستی و سایر محصولات زیستی شود. این امر می‌تواند مشاغل با ارزش بالا در تحقیق، توسعه و تولید ایجاد کند و در نهایت به هدف گسترده‌تر کاهش بیکاری و افزایش رقابت‌پذیری کشور در بازار جهانی کمک کند.

۶. قابلیت‌های تحقیقاتی بهبود یافته: کاربرد مهندسی فرایندهای زیستی در بخش تحقیق و توسعه (R&D) ایران می‌تواند منجر به پیشرفت‌های قابل توجهی در بیوتکنولوژی ایجاد می‌کند. این امر امکان تبدیل تحقیقات علمی پایه به کاربردهای عملی را فراهم می‌کند و رویکردی مبتنی بر تحقیق بیشتر را برای توسعه صنعتی پرورش می‌دهد. بهینه‌سازی فرآیندهای میکروبی، مهندسی ژنتیک و تجزیه و تحلیل فرآیند می‌تواند به ایران کمک کند تا جایگاه

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

رقابتی خود را در بازار جهانی بیوتکنولوژی ارتقا دهد و سرعت نوآوری را در زمینه‌هایی مانند زیست‌شناسی مصنوعی، ژن‌درمانی و تولید زیستی تسریع کند.

۷. مایت از بخش پالایشگاه زیستی: منابع گسترده کشاورزی و جنگلداری ایران فرصتی را برای توسعه پالایشگاه‌های زیستی فراهم می‌کند که زیست‌توده را به محصولات ارزشمند متعددی مانند سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی و مواد تبدیل می‌کنند. مهندسی فرآیندهای زیستی نقش مهمی در توسعه فرآیندهای پالایش زیستی کارآمد، مقیاس‌پذیر و پایدار ایفا می‌کند. با بهره‌گیری از فناوری‌های پالایشگاه زیستی، ایران می‌تولند ارزش حاصل از زیست‌توده خود را افزایش دهد و یک اقتصاد زیستی چرخشی‌تر را ترویج دهد که کمتر به سوخت‌های فسیلی وابسته است و بیشتر با اهداف پایداری جهانی همسو است.

مهندسی فرایندهای زیستی برای بخش بیوتکنولوژی ایران بسیار مهم است زیرا پایه و اساس فناوری مورد نیاز برای افزایش کارایی و پایداری فرآیندهای صنعتی را فراهم می‌کند. از توسعه سوخت‌های زیستی و داروسازی گرفته تا بهبود تولید مواد غذایی و پرداختن به مسائل زیست‌محیطی، مهندسی فرایندهای زیستی برای دستیابی به تنوع اقتصادی، پرداختن به چالش‌های بهداشتی و تقویت توسعه پایدار بلندمدت، محوری است. کاربرد مهندسی فرایندهای زیستی نه تنها می‌تولند بخش بیوتکنولوژی کشور را ارتقا دهد، بلکه به تلاش‌های جهانی در جهت پایداری و نوآوری نیز کمک می‌کند.

اندازه بازار جهانی زیست‌فرآوری در مقیاس بزرگ و کوچک در سال ۲۰۲۴، ۸۰.۵ میلیارد دلار تخمین زده شد و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۳ به ۲۲۸.۷ میلیارد دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۱.۸۶ درصد از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۳ رشد کند. این رشد قابل توجه در درجه اول ناشی از افزایش تقاضای جهانی برای داروهای بیولوژیک، از جمله آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، واکسن‌ها و درمان‌های سلولی و ژنی است[۱۹۱].

بازار فرایندهای زیستی در آمریکای شمالی، بیشترین سهم (۳۴.۸۴ درصدی) از بازار جهانی را در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. بر اساس گردش کار، بخش فرآوری پایین‌دستی بالاترین سهم بازار را با ۴۶.۸۵٪ در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. بر اساس محصول، بخش بیوراکتورها/تخمیرکننده‌ها بالاترین سهم بازار را با ۲۹.۱۰٪ در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. بر اساس مقیاس، بخش مقیاس صنعتی (بیش از ۵۰، ۰۰۰ لیتر) بالاترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت[۱۹۱].

عوامل متعددی در رشد بازار مهندسی فرایندهای زیستی نقش دارند[۱۹۱]:

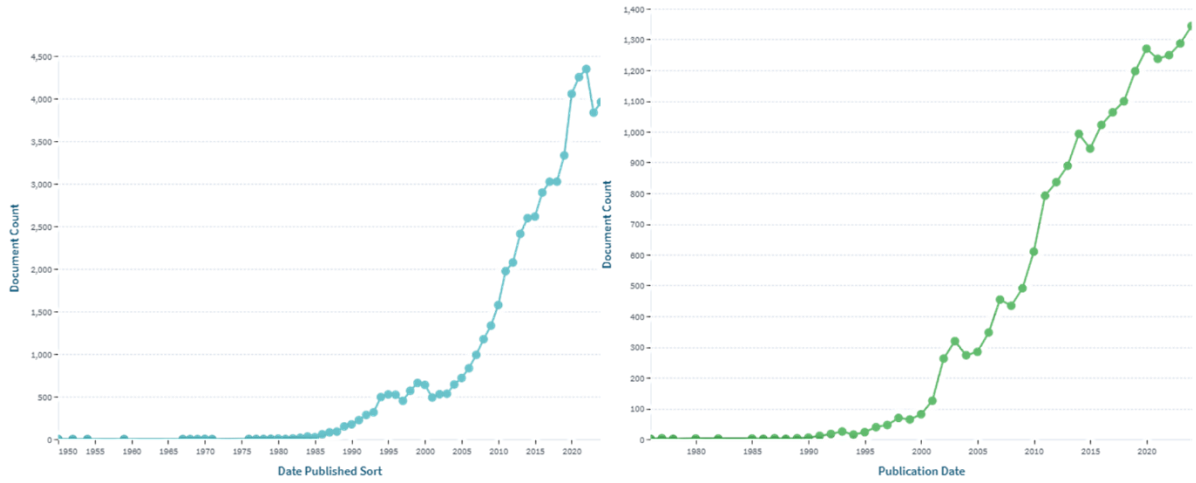
- افزایش تقاضا برای زیست‌داروها: افزایش شیوع بیماری‌های مزمن، همراه با پیشرفت در داروهای بیولوژیک و درمان‌های مبتنی بر سلول، نیاز به راه‌حل‌های مهندسی فرایندهای زیستی را برای افزایش تولید افزایش می‌دهد.
- انرژی پایدار و سوخت‌های زیستی: گذار به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند سوخت‌های زیستی، تقاضا برای تکنیک‌های مهندسی فرایندهای زیستی کارآمد را برای بهینه‌سازی تولید بیواتانول، بیودیزل و سایر سوخت‌های جایگزین افزایش می‌دهد.
- بیوپلاستیک‌ها و مواد شیمیایی مبتنی بر زیست: با افزایش نگرانی‌ها در مورد آلودگی محیط زیست ناشی از زباله‌های پلاستیکی، فشار قابل توجهی به سمت بیوپلاستیک‌ها و مواد شیمیایی مبتنی بر فرایندهای زیستی وجود دارد. مهندسی فرایندهای زیستی نقش مهمی در طراحی فرآیندهای کارآمد و مقیاس‌پذیر برای تولید این جایگزین‌های سازگار با محیط زیست ایفا می‌کند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- پیشرفت‌های فناوری: پیشرفت‌های پیوسته در زمینه‌هایی مانند زیست‌شناسی مصنوعی، ویرایش ژن و اتوماسیون، مرزهای مهندسی فرایندهای زیستی را جابجا می‌کنند. این فناوری‌ها نه تنها کارایی فرآیند را بهبود می‌بخشند، بلکه هزینه‌ها و ضایعات را نیز کاهش می‌دهند.

شکل زیر مقالات و پتنت‌های زمینه مهندسی و طراحی فرایندهای زیستی را بیان می‌کند.



شکل (۱۶-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) مهندسی و طراحی فرایندهای زیستی

شرکت‌های پیشرو در بازار پرتودهی زیست‌فرآوری در مقیاس بزرگ و کوچک در ادامه آمده است. این شرکت‌ها در مجموع بیشترین سهم بازار را در اختیار دارند و روندهای صنعت را تعیین می‌کنند.

- Merck KGaA
- Thermo Fisher Scientific, Inc.
- Danaher (Cytiva)
- Corning Inc.
- Sartorius AG
- Lonza
- CESCO BIOENGINEERING CO., LTD
- Bio-Process Group
- BPC Instruments AB
- Eppendorf AG
- Getinge AB
- PBS Biotech, Inc.
- Bio-Synthesis, Inc.
- Meissner Filtration Products, Inc.
- Entegris
- KUHNER AG
- Saint-Gobain
- ExcellGene SA
- Repligen Corporation
- Avantor, Inc
- CerCell A/S
- Univercells Technologies

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

- Distek, Inc.
- F. Hoffmann-La Roche Ltd

۶-۵-۴- تخمیر پیوسته

تخمیر پیوسته یک فرآیند پرکاربرد در بیوتکنولوژی صنعتی است که در مقایسه با روش‌های تخمیر ناپیوسته سنتی، مزایای قابل توجهی از نظر کارایی، مقیاس‌پذیری و ثبات ارائه می‌دهد. تخمیر پیوسته، نوعی از تخمیر است که در آن میکروارگانیسم‌ها به طور پیوسته با مواد مغذی تغذیه می‌شوند و محصول به طور همزمان و بدون توقف فرآیند برداشت می‌شود. این جریان پیوسته، یک محیط تولید پایدار را فراهم می‌کند که به ویژه برای تولید انبوه محصولات زیستی مانند سوخت‌های زیستی، داروها، آنزیم‌ها و مواد غذایی مفید است. جدول زیر تفاوت های تخمیر پیوسته با فد بچ و نا پیوسته را نمایش می دهد. تفاوت‌های بین روش‌های تخمیر پیوسته و تخمیر مرسوم خلاصه شد (شکل ۱).

جدول (۵-۴) تفاوت‌های تخمیر پیوسته با فد بچ و ناپیوسته[۱۹۲]

	تخمیر ناپیوسته	تخمیر فد بچ	تخمیر پیوسته
اضافه کردن سوبسترا و محیط کشت	همه در یک زمان	اضافه شدن در حین کشت	اضافه شدن به طور پیوسته
فاز رشد	طی کردن تمامی مراحل منحنی رشد	گسترش فاز رشد نمایی	ادامه داشتن فاز رشد نمایی
بهره وری	کم	متوسط	زیاد
سایز راکتور	بزرگ	متوسط تا بزرگ	کوچک
ریسک آلودگی	کم	متوسط	بالا
انعطاف پذیری	بالا	متوسط	کم
لزوم Scale-up	ضروری	ضروری	عدم نیاز/ به ندرت

نقش تخمیر پیوسته در بخش بیوتکنولوژی صنعتی به دلیل توانایی آن در افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها به طور چشمگیری گسترش یافته است. تخمیر پیوسته با حفظ حالت پایدار رشد میکروارگانیسم‌ها، تراکم سلولی بالاتر را ممکن می‌سازد و منجر به بازده بیشتر در دوره‌های طولانی می‌شود. این روش همچنین به کاهش زمان از کارافتادگی کمک می‌کند و آن را برای کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ که در آن کارایی و زمان بسیار مهم هستند، مناسب‌تر می‌کند. توانایی عملکرد پیوسته در شرایط بهینه، تولید پیوسته محصولات با کیفیت بالا را امکان‌پذیر می‌کند که یک نیاز حیاتی در صنایعی مانند داروسازی و تولید مواد غذایی است. علاوه بر این، فرآیندهای تخمیر پیوسته را می‌توان به راحتی خودکار و کنترل کرد و اطمینان حاصل کرد که نوسانات دما، pH و سطح اکسیژن بر کیفیت محصول نهایی تأثیر نمی‌گذارد.

یکی از مزایای کلیدی تخمیر پیوسته، پتانسیل آن برای بهینه‌سازی استفاده از منابع است. برخلاف تخمیر دسته‌ای، که در آن منابع در چرخه‌های گسسته استفاده می‌شوند، تخمیر پیوسته با کار بر اساس جریان ثابت، از مواد اولیه، مواد مغذی و انرژی به طور کارآمد استفاده می‌کند. این راندمان به ویژه در تولید سوخت‌های زیستی اهمیت دارد، جایی که منابع انرژی تجدیدپذیر و مقرون به صرفه به طور فزاینده‌ای برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی مورد توجه قرار می‌گیرند. تخمیر پیوسته امکان

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تولید پایدار بیواتانول، بیودیزل و سایر سوخت‌های زیستی را از مواد اولیه زیست‌توده تجدیدپذیر فراهم می‌کند و به تلاش جهانی برای جایگزین‌های انرژی پاک‌تر کمک می‌کند (Buitelaar و همکاران، ۲۰۲۱).

در صنعت داروسازی، تخمیر پیوسته نقش مهمی در تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، واکسن‌ها و داروهای زیستی ایفا می‌کند. توسعه سیستم‌های تخمیر پیوسته در مقیاس بزرگ، تولید داروهای با ارزش بالا را به شیوه‌ای کنترل‌شده‌تر، سازگارتر و مقرون به صرفه‌تر امکان‌پذیر کرده است. برای مثال، تولید پنی‌سیلین از طریق تخمیر پیوسته، نقطه عطفی در تولید داروسازی بوده است و روشی کارآمدتر برای تولید این آنتی‌بیوتیک حیاتی در مقادیر زیاد ارائه می‌دهد. علاوه بر این، صنعت بیوتکنولوژی نیز تخمیر پیوسته را برای تولید آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، پروتئین‌های درمانی و آنزیم‌ها پذیرفته است که همگی برای برآوردن تقاضای جهانی برای داروهای زیستی نیاز به کشت پیوسته کشت‌های سلولی دارند (لی و همکاران، ۲۰۱۹).

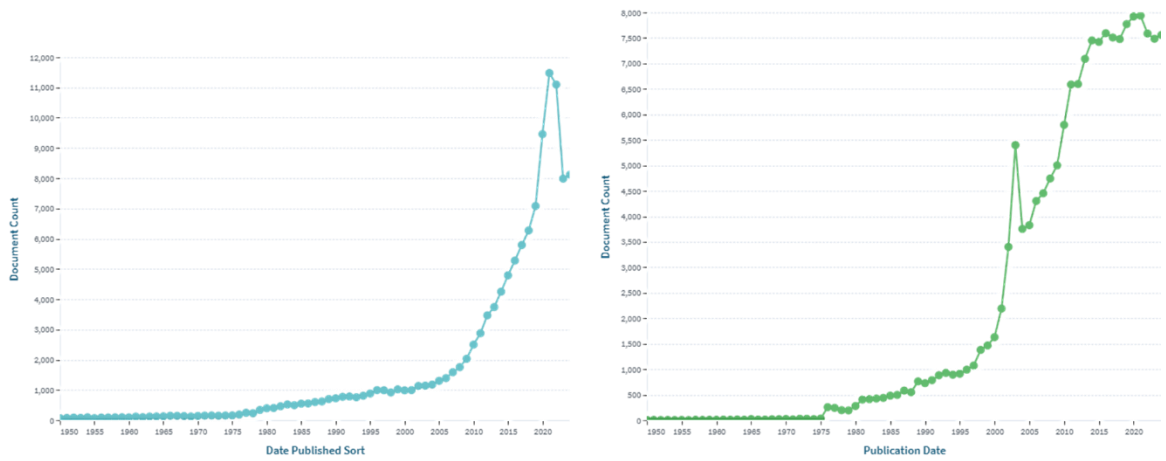
تخمیر پیوسته همچنین نقش مهمی در صنعت غذا و نوشیدنی، به ویژه در تولید محصولات تخمیری مانند ماست، پنیر و نوشیدنی‌های الکلی ایفا می‌کند. توانایی تخمیر پیوسته کشت‌های مخمر و باکتری در تولید نوشیدنی‌های الکلی مانند آبجو، شراب و مشروبات الکلی، محصولی پایدار با سینتیک تخمیر کنترل‌شده را تضمین می‌کند. در صنعت لبنیات، تخمیر پیوسته برای تولید ماست و سایر محصولات لبنی کشت‌شده استفاده می‌شود که امکان کنترل بهتر فرآیند تخمیر، بهبود کیفیت محصول و نرخ تولید بالاتر را فراهم می‌کند. صنایع غذایی با بهبود بهره‌وری فرآیندهای تولید، کاهش هزینه‌های نیروی کار و حفظ استانداردهای بالای ایمنی مواد غذایی از این فناوری بهره‌مند می‌شوند (Sander & Lettmann, 2019).

علاوه بر محصولات زیستی سنتی، تخمیر پیوسته در تولید بیوپلاستیک‌ها و سایر مواد سازگار با محیط زیست نیز به کار گرفته شده است. به عنوان مثال، بیوپلیمر پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها (PHA) از طریق فرآیندهای تخمیر پیوسته تولید می‌شود و جایگزینی پایدار برای پلاستیک‌های مبتنی بر نفت ارائه می‌دهد. پتانسیل افزایش تولید PHA و سایر بیوپلاستیک‌ها با استفاده از تخمیر پیوسته، راهی امیدوارکننده برای کاهش اثرات زیست‌محیطی زباله‌های پلاستیکی است که به تلاش جهانی برای اقتصاد چرخشی کمک می‌کند (García-Ochoa & Gómez, 2009).

در سطح جهانی، تخمیر پیوسته در بسیاری از مناطق، به ویژه در مناطقی که فشار برای روش‌های تولید پایدار و کارآمد وجود دارد، کاربردهایی پیدا کرده است. در آمریکای شمالی و اروپا، تخمیر پیوسته به طور گسترده در تولید سوخت‌های زیستی و بیوداروها و همچنین در صنایع غذایی و آشامیدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آسیا، به ویژه چین و هند، به دلیل مقرون به صرفه بودن و تولنایی مدیریت مقادیر بالای مواد، به طور فزاینده‌ای فناوری تخمیر پیوسته را برای تولید در مقیاس بزرگ پذیرفته است.

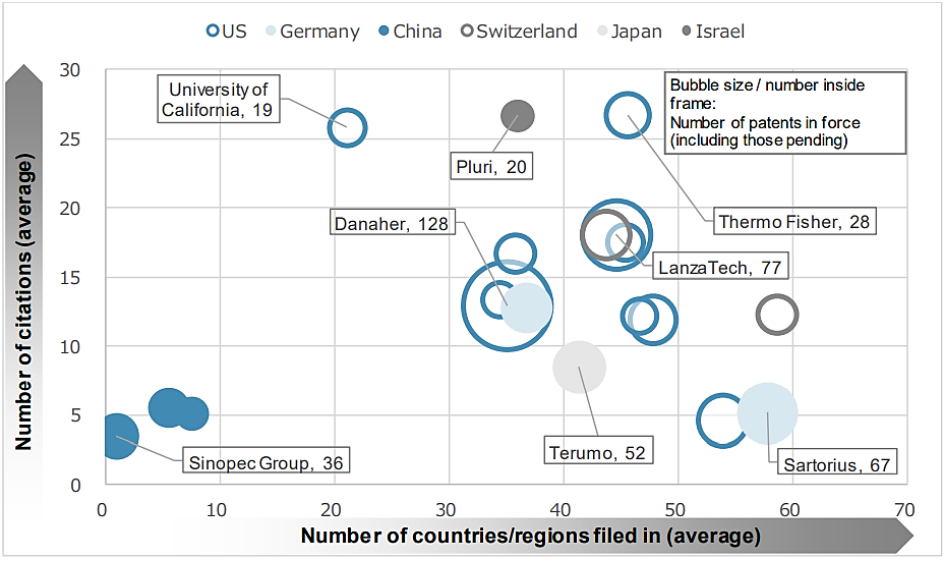
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۱۷-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) تخمیر پیوسته

شـکل زیر بازیگران برتر را از نظر تعداد اختراعات مرتبط با تخمیر پیوسـته مقایسـه می‌کند. اندازه حباب نشـان دهنده تعداد اختراعات در حال ثبت، محور افقی نشـان دهنده میانگین تعداد کشـورها یا مناطقی اسـت که درخواسـت‌ها در آنها ثبت شـده اسـت، و محور عمودی نشـان دهنده میانگین تعداد اسـتنادها اسـت که نشـان دهنده تأثیر فناوری اسـت. نتایج، برجسـتگی شرکت‌های آمریکایی مانند Danaher (ایالات متحده) و LanzaTech (ایالات متحده) را برجسته می‌کند. علاوه بر این، بازیگران اصلی در صنایع مختلف، از جمله مراقبت‌های بهداشتی و مواد شیمیایی، رتبه‌های برتر را در اختیار دارند[۱۹۲].



شکل (۱۸-۴) بازیگران اصلی در تخمیر پیوسته[۱۹۲]

در سال‌های اخیر، استارت‌آپ‌هایی که راه‌حل‌هایی برای چالش‌های تخمیر مداوم ارائه می‌دهند، توجه‌ها را به خود جلب کرده‌اند (جدول زیر). Pow.Bio (ایالات متحده) در حال توسـعه یک سـیسـتم تخمیر مداوم با ادغام کنترل فرآیند پیشـرفته مبتنی بر هوش مصـنوعی اسـت که با اسـتفاده از یک سـیسـتم دو محفظه‌ای برای جداسـازی فرآیند رشـد میکروبی از فرآیند تخمیر، به جهش‌های میکروبی و مسـائل آلودگی می‌پردازد. در راکتور تخمیر که ترکیب هدف در آن تولید می‌شـود، از یک محیط کشـت فقیر از نظر مواد مغذی برای مهار رشـد میکروارگانیسـم‌های ناخواسـته اسـتفاده می‌شـود و در نتیجه خطر آلودگی را کاهش می‌دهد. Pow.Bio آزمایش‌های نمایشـی با اسـتفاده از راکتورهای تخمیر ۳۰ لیتری و ۳۰۰ لیتری انجام داده اسـت و افزایش

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲.۵ برابری در عملکرد و کاهش ۴۰ درصدی در هزینه‌های تولید را در تولید مبتنی بر تخمیر پروتئین‌های غذایی با استفاده از مخمر گزارش کرده است. Enduro Genetics (دانمارک) از فناوری اصلاح ژنتیکی اختصاصی خود، Enduro Sense، برای حل مشکل جهش میکروبی و توسعه سویه‌های میکروبی استفاده می‌کند که می‌توانند بهره‌وری بالا را در طول فرآیند تخمیر مداوم حفظ کنند. این شرکت ادعا می‌کند که این رویکرد، بهره‌وری فرآیند تخمیر را بهبود بخشیده و تولید پایدار را در درازمدت امکان‌پذیر می‌کند. DAB.bio (هلند) دارای فناوری‌ای است که امکان استخراج انتخابی و پیوسته محصولات از راکتورهای تخمیر را فراهم می‌کند و در حال توسعه یک واحد تخمیر پیوسته است که امکان انتقال یکپارچه از سیستم‌های تولید موجود به تولید پیوسته را فراهم می‌کند. این شرکت با استفاده از این فناوری، خدمات پشتیبانی توسعه فرآیند را ارائه می‌دهد و ادعا می‌کند که می‌تواند هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی را تا ۷۰ درصد کاهش دهد و هزینه‌های تولید پس از اجرا را به نصف برساند[۱۹۲].

جدول (۶-۴) استارت‌آپ‌های برجسته‌ای که در حال توسعه فناوری تخمیر مداوم هستند[۱۹۲]

استارتاپ	کشور	چالش هدف	توضیحات	ترندهای برجسته
Pow.bio	آمریکا	جهش میکروبی آلودگی	توسعه یک سرویس پشتیبانی برای ساخت سیستم‌های تولید تخمیر با ترکیب فناوری تخمیر مداوم با استفاده از یک سیستم دو محفظه‌ای با کنترل پیشرفته شرایط تخمیر.	دوره تأمین مالی سری A را با جمع‌آوری ۹.۵ میلیون دلار در اکتبر ۲۰۲۳ به پایان رساند. با هدف ایجاد یک مرکز نمایشی مجهز به مخزن تخمیر ۱۰۰۰ لیتری. با MeliBio (ایالات متحده) برای راه‌اندازی یک طرح ابتکاری تولید عسل تخمیر شده دقیق با هدایت آلومینیوم در مارس ۲۰۲۴ همکاری کرد.
Enduro Genetics	دانمارک	جهش میکروبی	توسعه خدمات طراحی سویه با استفاده از فناوری اصلاح ژنتیکی اختصاصی، " Enduro Sense". ایجاد سویه‌های میکروبی که حتی در فرآیندهای تخمیر طولانی مدت، بهره‌وری بالا را حفظ می‌کنند.	در ژانویه ۲۰۲۲ به Agile BioFoundry، کنسرسیومی که توسط دفتر فناوری‌های زیست‌انرژی وزارت انرژی ایالات متحده تأمین مالی می‌شود، پیوست. با چندین آزمایشگاه ملی ایالات متحده برای نشان دادن مقیاس‌پذیری این فناوری همکاری کرد.
DAB.bio	هلند	انتقال سیستم تولید	توسعه یک واحد تخمیر مداوم. که امکان انتقال یکپارچه از سیستم‌های تولید موجود به تولید مداوم را با استفاده از فناوری برای استخراج انتخابی و مداوم محصولات از مخازن تخمیر فراهم می‌کند.	به شبکه فناوری Ginkgo، اکوسیستمی که توسط Ginkgo Bioworks (ایالات متحده) راه‌اندازی شده است، پیوست و تلاش‌های خود را برای حمایت از تحقیق و توسعه شرکت شریک در ماه مه ۲۰۲۴ آغاز کرد.
Cauldron	استرالیا	انتقال سیستم تولید	تحقق کاهش هزینه‌ها با حداقل سرمایه‌گذاری از طریق استفاده از فناوری تخمیر مداوم اختصاصی.	روندهای قابل توجه ساخت "Cauldron Bio-Fab" را با حمایت مالی دولت کوئینزلند در اکتبر ۲۰۲۴ اعلام کرد. این مرکز ظرفیت تولید سالانه بیش از ۱۰۰۰ تن خواهد داشت. این شرکت طیف متنوعی از محصولات، از جمله غذا، خوراک دام و مواد شیمیایی را تولید خواهد کرد. همچنین بودجه‌ی کمک‌هزینه‌ی تولید زیستی ایالات متحده را دریافت کرده است.

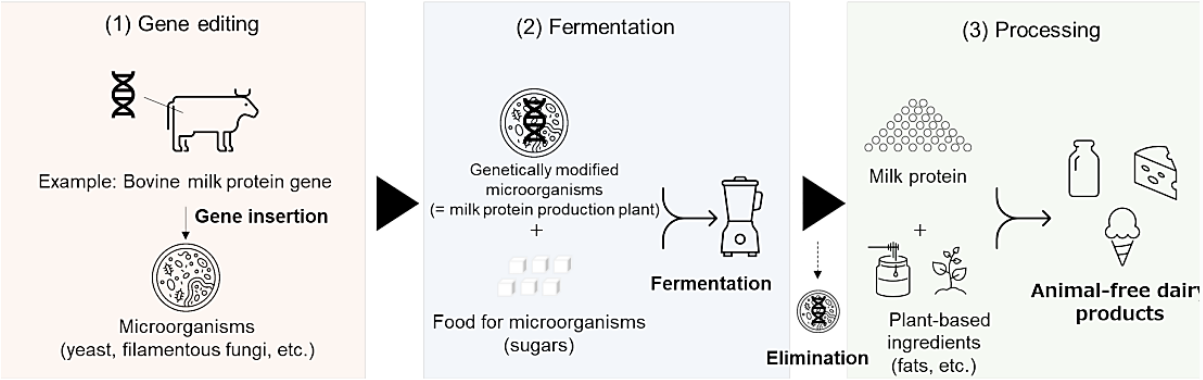
۷-۵-۴- تخمیر دقیق

تخمیر دقیق، فناوری‌ای است که از تخمیر میکروارگانیسم‌ها با ژن‌های خاص برای تولید مواد غذایی هدف (پروتئین‌ها،

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

چربی‌ها، طعم‌دهنده‌ها، شیرین‌کننده‌ها، مواد تشکیل‌دهنده کاربردی و غیره) استفاده می‌کند (شکل زیر). این میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های کنترل‌شده کشت می‌شوند، جایی که شرایطی مانند دما، pH و تأمین مواد مغذی بهینه می‌شوند تا تولید مداوم یک محصول هدف تضمین شود. جنبه دقت به توانایی کنترل و تنظیم دقیق فرآیند بیولوژیکی در سطح مولکولی اشاره دارد و تضمین می‌کند که محصول نهایی مطابق با استانداردهای دقیق کیفیت و عملکرد باشد. این فناوری می‌تواند طیف گسترده‌ای از محصولات زیستی، از جمله پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و مواد شیمیایی را تولید کند که همگی به روشی بسیار کنترل‌شده و تکرارپذیر تولید می‌شوند[۱۹۳-۱۹۵].



شکل (۱۹-۴) تخمیر دقیق[۱۹۵]

تخمیر دقیق در حال حاضر عمدتاً برای غذاهای وگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، اخیراً این فناوری در تولید مواد اولیه با ارزش افزوده بالا نیز به کار گرفته شده است. برخی از کاربردهای تخمیر دقیق به شرح زیر است[۱۹۵]:

- محصولات لبنی وگان: تولید شیر توسط مزارع لبنی از نظر مصرف آب، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مشکل‌ساز است. شرکت آمریکایی پرفکت دی (Perfect Day) با استفاده از قارچ‌های اصلاح‌شده ژنتیکی، پروتئین آب پنیر شیر (β-لاکتوگلوبولین) را توسعه داده و از آن برای توسعه و راه‌اندازی تعدادی از محصولات لبنی بدون حیوانات (شیر، پنیر خامه‌ای، بستنی و غیره) با همکاری شرکت تابعه سابق خود، شرکت یورجنت (The Urgent Company) (ایالات متحده) و شرکت‌های بزرگ غذایی استفاده کرده است (شکل زیر). طبق نتایج ارزیابی چرخه عمر شرکت، استفاده از این پروتئین آب پنیر اصلاح‌شده ژنتیکی می‌تواند مصرف آب را ۹۶ تا ۹۹ درصد، تقاضای انرژی را ۲۹ تا ۶۰ درصد و انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۹۷ درصد در مقایسه با استفاده از شیر گاو معمولی کاهش دهد.



شکل (۲۰-۴) محصولات لبنی بدون محصولات حیوانی شرکت پرفکت دی با استفاده از پروتئین آب پنیر شیر حاصل از تخمیر دقیق

- تکرار طعم و آبدار بودن گوشت در جایگزین‌های گوشتی گیاهی: بازار جایگزین‌های گیاهی نه تنها به دلیل تقاضای وگان‌ها، بلکه به دلیل افزایش جمعیت انعطاف‌پذیرها (flexitarians5) به ویژه در ایالات متحده و اروپا در حال گسترش است. با این حال، بازتولید طعم کاملاً اصیل محصولات حیوانی تنها با مواد گیاهی دشوار است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مصرف‌کنندگان به ویژه از طعم گوشت گیاهی راضی نیستند و بازآفرینی طعم، بافت و آبدار بودن منحصر به فرد گوشت یک چالش بزرگ است. برای پرداختن به این موضوع، Motif FoodWorks (ایالات متحده) یک پروتئین میوگلوبین گاوی به نام HEMAMITM، یک جزء طعم‌دهنده گوشت، با استفاده از مخمر اصلاح‌شده ژنتیکی تولید کرده و آن را به عنوان یک افزودنی غذایی برای گوشت گیاهی به بازار عرضه می‌کند. در ماه مه ۲۰۲۳، این شرکت از عرضه یک پتی گیاهی برای صنعت خدمات غذایی (شکل زیر) حاوی HEMAMITM و APPETEXTM، یک جایگزین چربی گیاهی که بافت و آبدار بودن غذا را بهبود می‌بخشد، به بازار خبر داد و شروع به تقویت حضور خود در این صنعت کرده است.



شکل (۲۱-۴) محصولات شرکت Motif [۱۹۵]

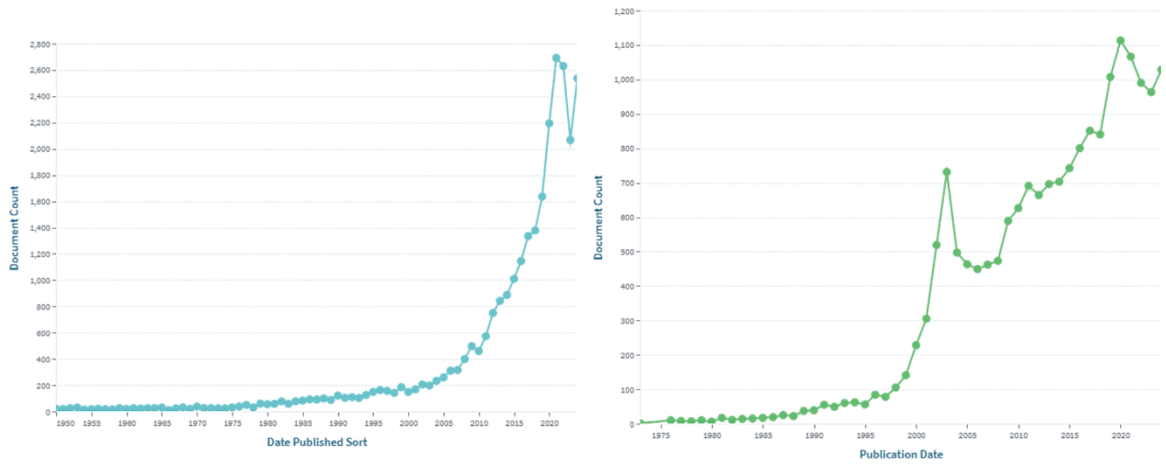
- تولید کارآمد مواد اولیه حیوانی با ارزش افزوده بالا: در حالی که استفاده از فناوری تخمیر دقیق برای تجاری‌سازی محصولات لبنی بدون حیوان، جایگزین‌های گوشتی گیاهی و سایر محصولات مشابه در حال پیشرفت است، کسب درآمد از آن همچنان یک مسئله کلیدی است. urtleTree (سنگاپور) در تولید لاکتوفرین گاوی (یک گلیکوپروتئین زیست فعال مشتق شده از شیر) با استفاده از قارچ‌های اصلاح شده ژنتیکی موفق بوده است و قصد دارد آن را به عنوان یک ماده غذایی کاربردی توسعه دهد. در نوامبر ۲۰۲۳، این شرکت برای لاکتوفرین گاوی خود در ایالات متحده، وضعیت self-GRAS7 را دریافت کرد و انتظار می‌رود این محصول را در سال ۲۰۲۴ به بازار ایالات متحده عرضه کند. لاکتوفرین محیط روده را بهبود می‌بخشد۸ و چربی احشایی را کاهش می‌دهد و به عنوان مکمل‌هایی با ادعاهای عملکردی در ژاپن فروخته می‌شود. با این حال، از آنجایی که کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر شیر می‌توان به دست آورد و فرآیند استخراج پیچیده است، محصولات بسیار گران هستند. این شرکت ادعا می‌کند که می‌توان لاکتوفرین گاوی را به طور مؤثر تولید کرد که با لاکتوفرین مشتق شده از شیر، زیست‌همسان باشد.

اندازه بازار جهانی تخمیر دقیق در سال ۲۰۲۴، ۴.۰۱ میلیارد دلار تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۳۴.۶۱ میلیارد دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۴۳.۵ درصد از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ به دلیل افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات پایدار و سازگار با محیط زیست، رشد کند. این تقاضا نتیجه افزایش آگاهی در مورد تأثیر منفی روش‌های تولید سنتی بر محیط زیست، از جمله جنگل‌زدایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی آب است[۱۹۶].

شکل زیر نمایش دهنده تعداد مقالات و پتنت‌های تخمیر دقیق است.

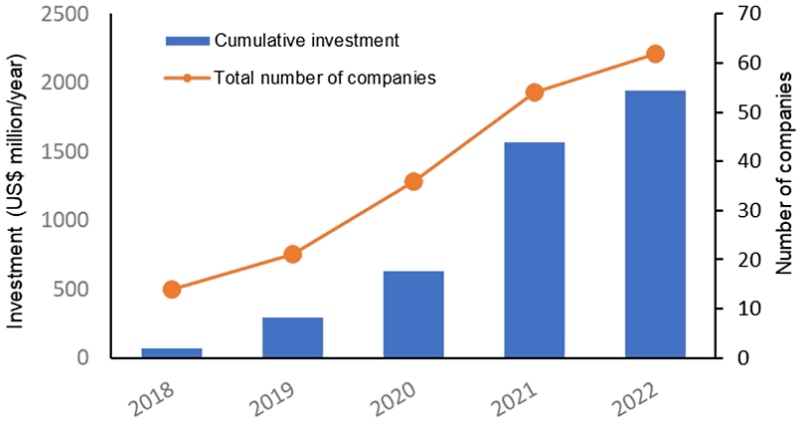
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۲۲-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) تخمیر دقیق

تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، تقاضای جهانی غذا به ۱.۷ برابر سال ۲۰۱۰ برسد، به‌ویژه تقاضا برای محصولات حیوانی (پروتئین حیوانی) که پیش‌بینی می‌شود به ۱.۸ برابر افزایش یابد، که در نتیجه تهدیدی برای برهم زدن تعادل عرضه و تقاضای مواد غذایی ایجاد می‌کند. علاوه بر این، صنعت دامداری از مقادیر عظیمی انرژی، زمین و آب استفاده می‌کند و منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است. با توجه به این شرایط، نیاز به افزایش تولید مواد غذایی از طریق فناوری‌های جدید تولید مواد غذایی که تأثیر زیست‌محیطی کمی دارند، وجود دارد و تخمیر دقیق به عنوان یک فناوری برای دستیابی به این هدف، توجه را به خود جلب می‌کند. طبق گزارش اندیشکده آمریکایی، موسسه غذای خوب (GFI)3، تعداد شرکت‌های فعال در زمینه تخمیر دقیق در سال ۲۰۲۲ به ۶۲ شرکت افزایش یافته است که ۴.۴ برابر تعداد آنها در سال ۲۰۱۸ است. همراه با این رشد، افزایش مداومی در میزان سرمایه‌گذاری نیز رخ داده است که از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ به حدود ۲ میلیارد دلار آمریکا رسیده است (شکل زیر).



شکل (۲۳-۴) تعداد کمپانی و مقادیر سرمایه گذاری در تخمیر دقیق [۱۹۵]

اروپا محل محققان و استارت‌آپ‌های پیشرو در زمینه تخمیر دقیق است و بودجه عمومی در سطح ملی و اتحادیه اروپا در حال رشد است. با این حال، دولت‌ها باید برای گسترش تحقیقات و نوآوری و ایجاد زیرساخت‌های لازم برای کمک به مواد اولیه تخمیر دقیق که به مقیاس‌های لازم برای ورود به جریان اصلی می‌رسند، سرمایه‌گذاری بیشتری کنند. در سال ۲۰۲۲، دولت هلند ۶۰ میلیون یورو بودجه عمومی را برای حمایت از تشکیل یک اکوسیستم پیرامون تخمیر دقیق و گوشت کشت‌شده اعلام

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

کرد. این بسته نشان دهنده بزرگ‌ترین سرمایه‌گذاری عمومی جهان در کشاورزی سلولی است. در سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴، دولت بریتانیا در چندین مرکز تحقیقاتی چند میلیون پوندی سرمایه‌گذاری کرد که غذاهایی مانند روغن پالم پایدار را از طریق تخمیر دقیق توسعه خواهند داد. در سال ۲۰۲۳، دولت منطقه‌ای کلتالونیا در اسپانیا ۷ میلیون یورو در مرکز نوآوری در پروتئین‌های جایگزین (CiPA) سرمایه‌گذاری کرد که به مشاغل پروتئین جایگزین در غذاهای گیاهی و تخمیری کمک می‌کند تا تولید خود را افزایش دهند. شتاب‌دهنده EIC کمیسیون اروپا در سال ۲۰۲۴ مبلغ ۵۰ میلیون یورو در زمینه غذاهای تولید شده از تخمیر دقیق و جلبک سرمایه‌گذاری خواهد کرد[۱۹۳].

جدول زیر شرکت‌های اصلی در زمینه تخمیر دقیق را نمایش می‌دهد.

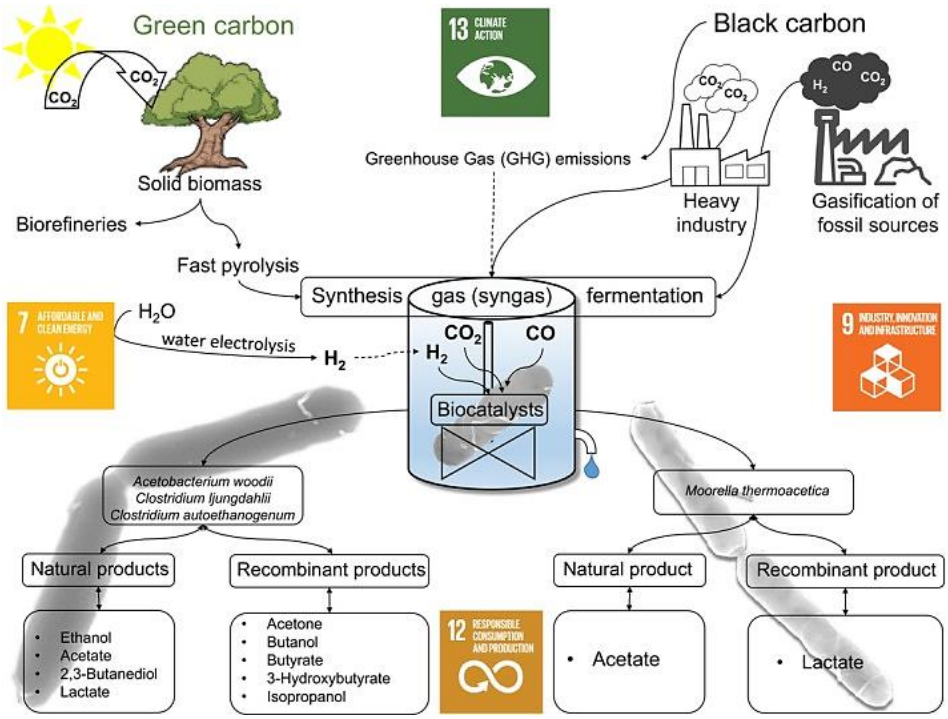
Category	Company (country)			Main target products	End use
	US	Europe	APAC		
Protein	**Perfect Day (US)**			β -lactoglobulin (milk whey protein)	Dairy products
	Remilk (Israel)				
	Vivici (Netherlands) (founded by DSM and Fonterra)				
	ImaginDairy (Israel)				
	Zero Cow Factory (India)			A2 β -casein	
	New Culture (US)			Casein	Cheese
	Formo (Germany)				
	Better Dairy (UK)				
	Change Foods (US)				
	The EVERY Co. (US)			Ovomucoid (egg white protein)	Egg products
	Onego Bio (Finland)			Ovalbumin (egg white protein)	
	TurtleTree (Singapore)			Bovine lactoferrin (milk-derived bioactive glycoprotein)	Dietary supplements
	Geltor (US)			Type XXI collagen	
	Helaina (US)			Human lactoferrin (bioactive glycoproteins from human breast milk)	Artificial breast milk
Aromatics	**Motif FoodWorks (US)**			Bovine myoglobin	Plant-based meat substitutes
	Impossible Foods (US)			Soy leghemoglobin	
Fats	C16 Biosciences (US)			Palm oil	Dairy products
	Yali Bio (US)			Animal fats	
Sweeteners	ManusBio (US)			Rebaudioside M (rare sugars derived from stevia)	General purpose
	amyris (US)				

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۸-۵-۴- تخمیر گازی

در حال حاضر، دو مورد از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی صنعت و جامعه، تولید پایدار مواد شیمیایی و سوخت‌ها از منابع غیرغذایی در آینده و در عین حال کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) است. تمام جهان باید با دوری از سوخت‌های فسیلی و سرمایه‌گذاری در تولید مواد شیمیایی و انرژی پاک، یک محیط صنعتی کم‌کربن و مقاوم در برابر آب و هوا ایجاد کند. در مواجهه با این چالش، تخمیر گازی[1]، یک فناوری تحول‌آفرین است که تغییرات متحول‌کننده‌ای را برای صنعت و جامعه به ارمغان خواهد آورد (شکل زیر).



شکل (۲۴-۴) فرآیند تخمیر گاز و پیوندها آن با اهداف توسعه پایدار[۱۹۷]

تخمیر گازی یک فرآیند بیوتکنولوژیکی پیشرفته است که شامل استفاده از میکروارگانیسم‌ها برای تبدیل گازهایی مانند دی اکسید کربن (CO_2)، مونوکسید کربن (CO)، متان (CH_4) یا گاز سنتز (مخلوطی از CO و هیدروژن) به محصولات با ارزش است. برخلاف تخمیر سنتی که در درجه اول از قندها یا سایر مواد آلی به عنوان مواد اولیه استفاده می‌کند، تخمیر گازی از سوبستراهای گازی به عنوان منبع اصلی کربن استفاده می‌کند. این فرآیند معمولاً شامل میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی، مانند برخی باکتری‌ها و آرکی‌ها است که برای متابولیزه کردن مستقیم گازها به سوخت‌های زیستی، مواد شیمیایی یا سایر محصولات صنعتی تکامل یافته‌اند (Buitelaar و همکاران، ۲۰۲۱). این تکنیک به دلیل توانایی‌اش در ارائه روشی پایدار و مقرون به صرفه برای تولید محصولات زیستی و در عین حال پرداختن به چالش‌های زیست‌محیطی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، مورد توجه قرار گرفته است.

تخمیر گازی یک راه حل امیدوارکننده برای این چالش ارائه می‌دهد و امکان تبدیل دی اکسید کربن، یک گاز گلخانه‌ای اصلی، به محصولات مفیدی مانند سوخت‌های زیستی، پلاستیک‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی را فراهم می‌کند. روندهای اصلی در

[1] Gas fermentation

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

این زمینه عبارتند از:

۱. جذب و اســـتفاده از کربن (CCU): ادغام تخمیر گازی با فناوری‌های جذب کربن منجر به افزایش تمرکز بر جذب انتشار CO_2 از منابع صنعتی، مانند نیروگاه‌ها یا کارخانه‌های فولاد، و تبدیل آنها به محصولات با ارزش بالا شده است. این به یک روند حیاتی در تلاش‌ها برای کاهش انتشـــار کلی کربن و مبارزه با تغییرات اقلیمی تبدیل شـــده اســـت. شـــرکت‌ها در حال بهینه‌ســـازی فرآیندهای تخمیر گازی برای اســـتفاده کارآمد از CO_2 جذب شـــده برای تولید سوخت‌های زیستی و مواد بیوشیمیایی هستند.

۲. زیست‌شناسی سنتزی و میکروارگانیسم‌های مهندسی‌شده[1]: پیشرفت‌ها در زیست‌شناسی مصنوعی به طور قابل توجهی کارایی و مقیاس‌پذیری فرآیندهای تخمیر گاز را بهبود بخشـــیده اســـت. محققان با مهندســـی ژنتیک میکروارگانیســـم‌ها برای اســـتفاده بهتر از گازهایی مانند CO_2 و CO2، ســـویه‌هایی با بهره‌وری افزایش‌یافته و توانایی تولید طیف وسیعی از محصولات صنعتی را توسعه داده‌اند. این روند، تخمیر گاز را به گزینه‌ای مناسب‌تر و جذاب‌تر برای کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ تبدیل کرده است.

۳. ادغام با انرژی‌های تجدیدپذیر: تخمیر گاز همچنین در ارتباط با منابع انرژی تجدیدپذیر در حال افزایش است. برخی از سیستم‌ها برای ادغام با برق تجدیدپذیر (به عنوان مثال، از خورشید یا باد) برای هدایت الکترولیز طراحی شده‌اند که هیدروژن (H_2) یا گاز ســـنتز تولید می‌کند. ســـپس هیدروژن یا گاز ســـنتز می‌توانند به عنوان ماده اولیه در فرآیندهای تخمیر گاز استفاده شوند و کل سیستم را پایدارتر و با گذار جهانی به انرژی‌های تجدیدپذیر همسو کنند.

۴. خنثی‌سازی کربن بیولوژیکی: تخمیر گاز با تبدیل مستقیم گازهای زائد به سوخت‌های زیستی یا سایر محصولات، مسیری را برای «خنثی‌سازی کربن بیولوژیکی» ارائه می‌دهد. این مفهوم به ویژه برای صنایعی که کربن‌زدایی آنها دشوار است، مانند تولید سیمان و فولاد، اهمیت دارد. با استفاده از تخمیر گازی برای استفاده از انتشار CO_2، این صنایع می‌توانند ردپای کربن خود را کاهش داده و از اقتصاد کربنی چرخشی حمایت کنند[۱۹۸-۲۰۱]

تخمیر گازی برای تولید طیف گسترده‌ای از محصولات زیستی که برای صنایع متعدد حیاتی هستند، استفاده می‌شود. محصولات اصلی تولید شده از طریق تخمیر گازی عبارتند از:

- سوخت‌های زیستی: یکی از کاربردهای اصلی تخمیر گازی، تولید سوخت‌های زیستی مانند بیواتانول، بیودیزل و بیوبوتانول است. این سوخت‌های زیستی با تبدیل CO_2، CO2 یا متان به الکل‌ها یا سایر سوخت‌های مایع که می‌توانند در حمل و نقل، تولید انرژی و سنتز شیمیایی استفاده شوند، ساخته می‌شوند. شرکت‌هایی مانند LanzaTech در استفاده از تخمیر گازی برای تبدیل گازهای غنی از کربن به سوخت‌های زیستی پیشگام هستند.
- مواد شیمیایی: مواد شیمیایی زیستی مانند استون، بوتانول و اتانول با استفاده از فرآیندهای تخمیر گازی تولید می‌شوند. این مواد شیمیایی کاربردهای صنعتی گسترده‌ای در صنایع خودرو، کالاهای مصرفی و داروسازی دارند. تخمیر گازی با استفاده از گازهای زائد به عنوان خوراک، روشی پایدار برای تولید این مواد شیمیایی ضروری ارائه می‌دهد و در عین حال وابستگی به پتروشیمی‌ها را کاهش می‌دهد.
- پلاســـتیک‌ها و مواد زیســـتی: تخمیر گازی همچنین برای تولید پلاســـتیک‌های زیســـت‌تخریب‌پذیر مانند پلی‌هیدروکسی‌آلکانوات‌ها (PHA)، که جایگزینی پایدار برای پلاستیک‌های مبتنی بر نفت هستند، استفاده می‌شود.

1

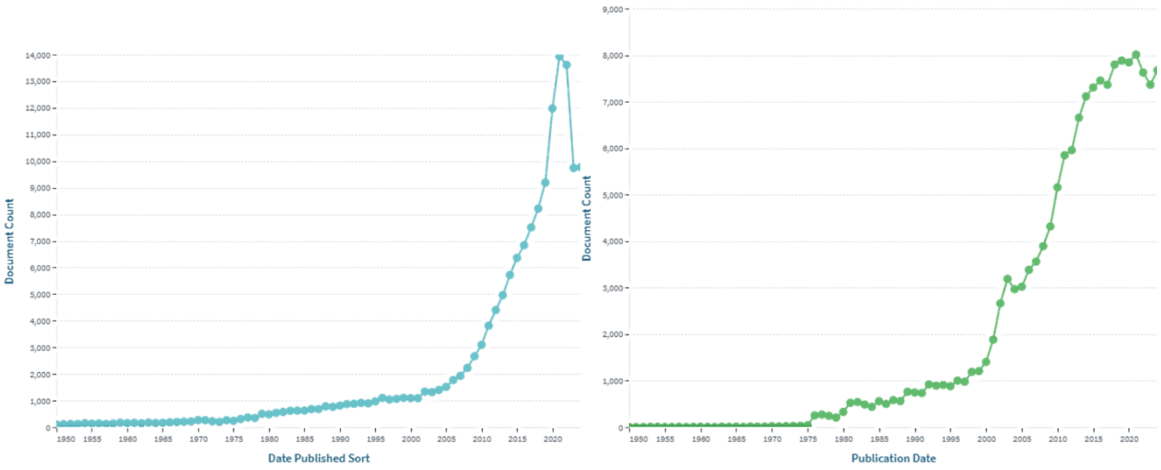
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تخمیر گازی با تبدیل CO_2 یا متان به PHA، از تولید مواد سازگار با محیط زیست که در بسته‌بندی، محصولات پزشکی و سایر کاربردها استفاده می‌شوند، پشتیبانی می‌کند.

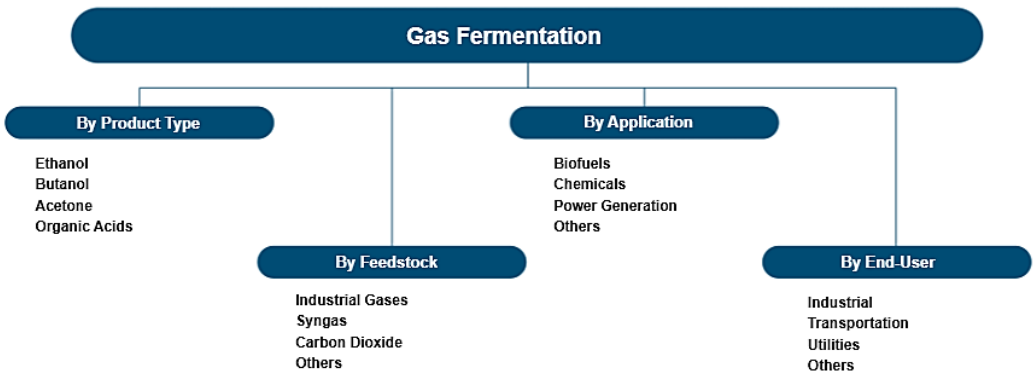
- سوخت‌های سنتزی و سایر مواد بیوشیمیایی: علاوه بر سوخت‌های زیستی، تخمیر گازی می‌تواند طیف وسیعی از مواد شیمیایی ارزشمند دیگر، مانند متانول، را تولید کند که می‌تواند به عنوان ماده اولیه برای سایر فرآیندهای شیمیایی یا به عنوان خود سوخت استفاده شود. توانایی تولید این مواد شیمیایی از گازهای زائد به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک می‌کند و از توسعه یک صنعت شیمیایی پایدار پشتیبانی می‌کند[۱۹۸-۲۰۱].

شکل زیر مقالات و پتنت‌های مربوط به تخمیر گازی را نمایش می‌دهد.



شکل (۲۵-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) تخمیر گازی

اندازه بازار جهانی تخمیر گاز در سال ۲۰۲۴ به ۱.۸۲ میلیارد دلار رسیده که نشان‌دهنده گسترش قوی ناشی از افزایش پذیرش فرآیندهای صنعتی پایدار است. انتظار می‌رود این بازار از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۳ با نرخ رشد مرکب سالانه ۹.۷ درصد رشد کند و تا سال ۲۰۳۳ به ارزش پیش‌بینی‌شده ۴.۱۹ میلیارد دلار برسد. این مسیر رشد چشمگیر تا حد زیادی به افزایش تقاضا برای مواد شیمیایی و سوخت‌های زیستی، مقررات سختگیرانه‌تر زیست‌محیطی و نیاز روزافزون به کاهش انتشار کربن در صنایع مختلف نسبت داده می‌شود[۱۹۸].



شکل (۲۶-۴) بازار تخمیر گازی [۱۹۸]

یکی از عوامل اصلی رشد بازار تخمیر گاز، تغییر جهانی به سمت پایداری و اقتصاد چرخشی است. صنایع تحت فشار فزاینده‌ای برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و گذار به روش‌های تولید پاک‌تر هستند. فناوری تخمیر گاز، تبدیل گازهای زائد مانند

https://heiatelmi.ir

مونوکسید کربن، دی‌اکسید کربن و هیدروژن را به محصولات ارزشمندی مانند اتانول، بوتانول و اسیدهای آلی امکان‌پذیر می‌کند. این قابلیت با اهداف بین‌المللی آب و هوا همسو است و به صنایع کمک می‌کند تا با استانداردهای زیست‌محیطی در حال تحول مطابقت داشته باشند. همزمان با اجرای مقررات سختگیرانه‌تر کربن توسط دولت‌ها در سراسر جهان و تشویق فناوری‌های سبز، شرکت‌ها برای تضمین آینده عملیات خود و کسب مزیت رقابتی، سرمایه‌گذاری‌های سنگینی در تخمیر گاز انجام می‌دهند[۱۹۸].

یکی دیگر از محرک‌های مهم، پیشرفت فناوری در زیست‌فرآوری و مهندسی میکروبی است. نوآوری‌ها در زیست‌شناسی مصنوعی و مهندسی متابولیک منجر به توسعه سویه‌های میکروبی قوی شده است که قادر به تبدیل کارآمد طیف وسیعی از مواد اولیه گازی به مواد شیمیایی با ارزش بالا هستند. این پیشرفت‌ها باعث بهبود بازده فرآیند، کاهش هزینه‌ها و گسترش طیف محصولات نهایی قابل دستیابی شده است. علاوه بر این، ادغام هوش مصنوعی و اتوماسیون در کنترل فرآیند تخمیر، مقیاس‌پذیری و کارایی عملیاتی را افزایش داده است. در نتیجه، تخمیر گاز به طور فزاینده‌ای برای کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ قابل استفاده می‌شود و سرمایه‌گذاری‌هایی را از تولیدکنندگان مواد شیمیایی معتبر و استارت‌آپ‌های نوآور جذب می‌کند[۱۹۸].

از منظر منطقه‌ای، آسیا و اقیانوسیه به عنوان یک موتور رشد کلیدی برای بازار تخمیر گازی در حال ظهور است که ناشی از صنعتی شدن سریع، سیاست‌های حمایتی دولت و سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه در فناوری پاک است. آمریکای شمالی و اروپا نیز از جمله کشورهای اصلی هستند که از زیرساخت‌های پیشرفته تحقیق و توسعه و ابتکارات پایدار پیشگیرانه بهره‌مند می‌شوند. در همین حال، آمریکای لاتین و خاورمیانه و آفریقا به تدریج در حال پذیرش فناوری‌های تخمیر گازی هستند، که عمدتاً در پاسخ به افزایش آگاهی زیست‌محیطی و نیاز به تنوع اقتصادی است. در مجموع، این روندهای منطقه‌ای، چشم‌انداز جهانی بازار تخمیر گازی را شکل می‌دهند و راه را برای رشد پایدار تا سال ۲۰۳۳ هموار می‌کنند[۱۹۸].

برخی از شرکت‌های بزرگ فعال در بازار تخمیر گاز عبارتند از LanzaTech, Inc.، INEOS Bio، Coskata, Inc.، Clariant AG و Siemens AG. شرکت LanzaTech پیشگام در تخمیر گاز در مقیاس تجاری است و تمرکز زیادی بر تبدیل گازهای زائد صنعتی به اتانول و سایر مواد شیمیایی دارد. INEOS Bio به خاطر راه‌حل‌های پیشرفته انرژی زیستی خود که از تخمیر گاز برای تولید سوخت و مواد شیمیایی پایدار استفاده می‌کند، شناخته شده است. Coskata, Inc در تبدیل گاز سنتز به اتانول تخصص دارد و فناوری‌های میکروبی و فرآیندی اختصاصی ارائه می‌دهد. Clariant AG به طور فعال در توسعه راه‌حل‌های زیست‌فرآوری برای بخش‌های مواد شیمیایی و انرژی مشارکت دارد، در حالی که Siemens AG راه‌حل‌های فناوری یکپارچه‌ای را برای بهینه‌سازی و پایداری فرآیندهای صنعتی ارائه می‌دهد[۱۹۸]. شرکت های اصلی در تخمیر گازی به شرح زیر است:

- LanzaTech
- INNOVEN (formerly BioMCN)
- Climeworks
- Carbon Clean Solutions
- Coskata (now Synata Bio)
- Enerkem
- Sekisui Chemical Co., Ltd.
- Siemens AG
- Mitsubishi Hitachi Power Systems
- Aemetis, Inc.

وب سایت هیات علمی

- Electrochaea
- Global Bioenergies
- Joule Unlimited Technologies
- ArcelorMittal
- Syngas Biofuels Energy, Inc.
- BASF SE
- Celtic Renewables
- IndianOil Corporation Limited
- Zea2, LLC
- Ineos Bio

این شرکت‌ها در خط مقدم نوآوری هستند و توسعه و استقرار فناوری‌های تخمیر گاز را در کاربردها و مناطق مختلف هدایت می‌کنند. تلاش‌های آنها توسط یک اکوسیستم قوی از مؤسسات تحقیقاتی، سیاست‌گذاران و ذینفعان صنعت پشتیبانی می‌شود که در مجموع تجاری‌سازی و پذیرش تخمیر گاز را به عنوان یک عامل کلیدی اقتصاد چرخشی پیش می‌برند. با ادامه‌ی تکامل بازار، همکاری، نوآوری و پایداری همچنان در استراتژی‌های رقابتی بازیگران پیشرو در بازار تخمیر گاز، محوریت خواهند داشت.

۹-۵-۴- پروتئین‌های نو

پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹.۷ میلیارد نفر برسد که نشان‌دهنده افزایش ۳۰ درصدی نسبت به جمعیت فعلی حدود ۷.۴ میلیارد نفر است[۲۰۲]. این رشد جمعیت فشار قابل توجهی بر سیستم‌های غذایی جهان، به ویژه تولید پروتئین، وارد خواهد کرد. طبق گزارش سازمان غذا و کشاورزی (FAO)، پیش‌بینی می‌شود مصرف جهانی پروتئین تا سال ۲۰۳۰، ۳۰ درصد افزایش یابد که عمدتاً ناشی از افزایش تقاضا در کشورهای در حال توسعه با افزایش درآمد و تغییر رژیم‌های غذایی به سمت مصرف بیشتر پروتئین حیوانی است[۲۰۳].

با این حال، روش‌های فعلی تولید پروتئین - عمدتاً از طریق دامداری - چالش‌های قابل توجهی را ایجاد می‌کنند. بخش دامداری مسئول بخش قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی است. طبق گزارش هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC)، صنعت دام ۱۴.۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را تشکیل می‌دهد که بیشتر از کل بخش حمل و نقل است[۲۰۴]. این تأثیر زیست‌محیطی، همراه با نگرانی‌ها در مورد استفاده از زمین، مصرف آب و رفاه حیوانات، نیاز به منابع پروتئین جایگزین پایدار و مقیاس‌پذیر را تشدید کرده است. با افزایش جمعیت جهان، تأمین پروتئین کافی برای همه به یک کار فزاینده دشوار تبدیل خواهد شد. طبق گزارش فائو، سیستم غذایی جهانی باید تا سال ۲۰۵۰ تولید غذاهای غنی از پروتئین را دو برابر کند تا نیازهای جمعیت رو به رشد را برآورده کند[۲۰۳]. با این حال، محدودیت‌های منابع پروتئین سنتی مانند دامداری، بعید است که روش‌های فعلی بتوانند به طور پایدار این تقاضا را برآورده کنند. این امر پروتئین‌های جایگزین، از جمله پروتئین‌های میکروبی مانند میسلیوم و جلبک را به اجزای ضروری امنیت غذایی آینده تبدیل می‌کند. نه بنابراین با افزایش جمعیت، نه تنها تقاضا برای غذای بیشتر حیاتی است، بلکه منابع پروتئین جایگزین نیز در سال‌های اخیر شاهد افزایش تقاضا بوده‌اند. افزایش جمعیت وگان، گیاهخوار و انعطاف‌پذیر ، استفاده از پروتئین‌های گیاهی را در مواد غذایی تسریع کرده است. به طور کلی، بخش مواد غذایی در حال توسعه، به دلیل افزایش جمعیت و آگاهی مصرف‌کنندگان، بازار پروتئین و تقاضا برای اجزای پروتئین جایگزین را هدایت می‌کند (اسماعیل و همکاران، ۲۰۲۰). برای پرداختن به چالش‌های تولید غذای بیشتر برای جمعیت رو به رشد جهان، به ویژه اگر پروتئین‌های جایگزین بخشی از راه‌حل باشند، دسترسی و مقرون به صرفه بودن از

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اجزای حیاتی هستند[۲۰۵].

تأثیر مضر دامداری سنتی بر روی طبیعت، منابع آبی، گازهای منتشر شده و سایر حوزه ها را می‌توان با اتخاذ عادات متعدد، مانند تغییرات غذایی از جمله مصرف منابع پروتئین جایگزین، به حداقل رساند. رژیم‌های غذایی پایدار، رژیم‌هایی هستند که سه عنصر کلیدی را در خود جای می‌دهند: زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی[۲۰۵].

با رویکرد استفاده از پروتئین های جایگزین برای پاسخ به نیاز فزاینده مواد غذایی و هم چنین کمک به توسعه پایدار، یکی از پروتئین های قابل استفاده، پروتئین میسیلیوم قارچی[1] می باشد. میسلیوم‌های قارچ خوراکی، غنی از پروتئین‌ها، مواد مغذی و اجزای زیست‌فعال، اغلب به عنوان مکمل‌های غذایی یا محصولات مراقبت‌های بهداشتی در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این میسلیوم‌ها را می‌توان در شرایط آزمایشگاهی با حداقل آلودگی و ردپای زیست‌محیطی تولید کرد. کاربرد بالقوه میسلیوم‌ها به عنوان جایگزین یا جانشین گوشت به دلیل روش‌های کشت ساده، ارزش غذایی، بافت فیبری و همسویی با تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان برای گزینه‌های غذایی پایدار و سالم‌تر، مورد توجه قرار گرفته است[۲۰۵].

پروتئین میکروبی میسلیوم، که معمولاً به عنوان مایکوپروتئین[2] یا پروتئین قارچی[3] شناخته می‌شود، یک منبع پروتئین جایگزین پایدار و بسیار امیدوارکننده است که از قارچ مشتق شده است. این ساختار که به عنوان میسلیوم شناخته می‌شود، از یک شبکه پیچیده و ریشه مانند از رشته‌های شاخه‌دار و نخ مانند به نام هیف تشکیل شده است که وظیفه آنها کلونیزه کردن سوبستراها و جذب مواد مغذی از محیط است. ظهور میسلیوم به عنوان یک ماده غذایی مهم اساساً به دلیل مشخصات تغذیه‌ای عالی آن، بافت فیبری ذاتی آن که به طور طبیعی گوشت را تقلید می‌کند و ماهیت سازگار با محیط زیست و مقیاس‌پذیر تولید آن است[۲۰۵, ۲۰۶].

روش تولید پروتئین میسلیوم بر تخمیر صنعتی، عمدتاً از طریق تکنیک تخمیر غوطه‌ور، متمرکز است. در این فرآیند، قارچ‌های رشته‌ای خوراکی با دقت انتخاب شده، مانند گونه‌های *Fusarium venenatum*، *Neurospora crassa* یا گونه‌های مختلف *Basidiomycota*، در بیوراکتورهای بزرگ و استریل کشت می‌شوند. این ارگانیسم‌ها با یک محیط غذایی ساده و در دسترس، که اغلب شامل قندهای مشتق شده از محصولات جانبی صنایع غذایی یا ضایعات کشاورزی است، تغذیه می‌شوند. قارچ‌ها به سرعت و به طور موثر رشد می‌کنند و امکان تجمع سریع زیست توده پروتئین را فراهم می‌کنند. پس از تکمیل رشد، زیست توده میسلیومی برداشت می‌شود. برای ایمنی و قابلیت هضم، معمولاً تحت یک مرحله عملیات حرارتی قرار می‌گیرد تا محتوای اسید ریبونوکلئیک (RNA) به سطوح قابل قبول برای مصرف انسان کاهش یابد. یکی از مزایای مهم این فرآیند بیوتکنولوژیکی، معماری طبیعی هیف‌های قارچی است. طبیعت متراکم و درهم تنیده آنها، بافتی منحصر به فرد، ذاتاً فیبری و منسجم ایجاد می‌کند. این ساختار امکان ایجاد مستقیم آنالوگ‌های گوشت کامل برش داده شده - مانند استیک، سینه مرغ و بیکن - را با اتکای بسیار کمتر به پردازش مکانیکی و افزودنی‌های لازم برای بافت‌دهی پروتئین‌های گیاهی سنتی فراهم می‌کند[۲۰۵, ۲۰۶].

از دیدگاه تغذیه‌ای، پروتئین میسلیوم به عنوان یک منبع انرژی در نظر گرفته می‌شود که اغلب از کیفیت بسیاری از گزینه‌های گیاهی پیشی می‌گیرد. این یک پروتئین کامل است، به این معنی که ترکیب اسید آمینه آن شامل هر نه اسید آمینه ضروری

---

[1] Mycelium microbial protein

[2] Mycoprotein

[3] Fungal protein

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مورد نیاز برای سلامت انسان است و اغلب به امتیاز اسید آمینه اصلاح شده بر اساس قابلیت هضم پروتئین (PDCAAS) قابل مقایسه با منابع پروتئین حیوانی دست می‌یابد. فراتر از پروتئین، مایکوپروتئین به طور منحصر به فردی غنی از فیبر غذایی است و حاوی اجزای مفیدی مانند بتا گلوکان و کیتین است که به بهبود سلامت گوارش و قلب و عروق کمک می‌کنند، مزیتی که در پروتئین‌های حیوانی وجود ندارد. علاوه بر این، از نظر چربی کل کم است، حاوی چربی اشباع ناچیز و بدون کلسترول است. تراکم تغذیه‌ای آن با محتوای ریزمغذی‌های ضروری، از جمله ویتامین‌های مختلف گروه B، آهن با زیست‌فراهمی بالا، روی و ارگوتیونین، آنتی‌اکسیدان قدرتمند و منحصر به فرد، تقویت می‌شود[۲۰۵, ۲۰۶].

زیست‌توده مایکوپروتئین تقریباً حاوی ۴۰٪ تا ۵۵٪ پروتئین بر اساس وزن خشک است. به عنوان مثال، یک رقم رایج برای ماده اصلی حدود ۴۵٪ پروتئین و ۲۵٪ فیبر غذایی بر اساس ماده خشک است. این امر زیست‌توده قارچی خام را به منبع بسیار غلیظی از پروتئین تبدیل می‌کند.

اهمیت کلی فناوری میسلیوم در سهم آن در ایجاد یک زنجیره تأمین غذای جهانی پایدار و چرخشی نهفته است. تولید مایکوپروتئین بسیار پایدار است، به زمین و آب بسیار کمتری نیاز دارد و در مقایسه با کشاورزی دامی مرسوم، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) به طور قابل توجهی کمتری تولید می‌کند. با استفاده از جریان‌های جانبی کشاورزی و صنعتی به عنوان مواد اولیه، این روش نمونه‌ای از بهره‌وری منابع و ترویج بازیافت زباله است که کاملاً با اصول اقتصاد چرخشی همسو است. این ترکیب از ارزش غذایی برتر، بافت فیبری اصیل و حداقل تأثیر زیست‌محیطی، پروتئین میکروبی میسلیوم را به عنوان یک فناوری حیاتی و متحول‌کننده برای آینده تولید مواد غذایی تثبیت می‌کند.

پروتئین‌های گیاهی، یکی دیگر ا زمنابع جدید پروتئینی مورد استفاده می‌باشند. با این حال، یکی از چالش‌های عمده پروتئین‌های گیاهی، ویژگی‌های عملکردی متناقض آنهاست، زیرا خواص تغذیه‌ای، مولکولی و فیزیکوشیمیایی پروتئین‌های گیاهی به طور قابل توجهی با پروتئین‌های حیوانی متفاوت است. در مقایسه با محصولات غذایی مشتق شده از حیوانات، محصولات مشتق شده از گیاهان معمولاً درصد (وزنی/وزنی) پروتئین کمتری دارند. از نظر تغذیه‌ای، محصولات گیاهی ممکن است حاوی مواد طبیعی باشند که می‌توانند بر جذب و هضم مواد مغذی تأثیر بگذارند. علاوه بر این، پروتئین‌های گیاهی اغلب از نظر اسیدهای آمینه ضروری، مانند لیزین در دانه‌های غلات، سیستئین و متیونین در دانه‌های حبوبات و تریپتوفان به طور کلی، کمبود دارند. یکی دیگر از مشکلات عمده مربوط به پروتئین‌های حیوانی و گیاهی، ممکن است از نظر آلرژی‌زایی بالقوه، مشکل قابل توجهی ایجاد کند. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۲۰ تا ۲۵۰ میلیون نفر از آلرژی غذایی رنج می‌برند و کشورهای توسعه‌یافته میزان بروز آن را در کودکان ۵ تا ۸ درصد و در بزرگسالان ۱ تا ۲ درصد گزارش کرده‌اند. یکی از پرمصرف‌ترین پروتئین‌های گیاهی از دانه‌های سویا مشتق می‌شود که طبق اعلام سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) جزو هشت آلرژن اصلی غذایی است. در نتیجه، شناسایی منابع گیاهی مناسب و روش‌های استخراج برای تولید پروتئین‌های گیاهی سازگار و کاربردی بسیار مهم است.

صنعت غذا در حال حاضر فاقد پروتئین گیاهی است که بتواند تمام مزایای پروتئین حیوانی را ارائه دهد. آنزیم ریبولوز-۱،۵-بیس فسفات کربوکسیلاز/اکسیژناز[1] (EC.4.1.1.39; RuBisCO)، پروتئینی که نقش حیاتی در فتوسنتز دارد، می‌تواند گزینه بسیار خوبی به عنوان منبع پروتئین گیاهی باشد، زیرا بر اکثر محدودیت‌های جدی غلبه می‌کند. پتانسیل RuBisCO برای مصرف انسان به ارزش غذایی بالای آن مربوط می‌شود، زیرا بسیار قابل هضم است و حاوی نسبت متعادلی از اسیدهای آمینه

[1] Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ضروری است که با توصیه‌های سازمان غذا و کشاورزی (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) مطابقت دارد. علاوه بر فراوانی طبیعی، RuBisCO در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی، مزایای تغذیه‌ای مختلفی را ارائه می‌دهد. این پروتئین به عنوان یک پروتئین غیر حساسیت‌زا در نظر گرفته می‌شود و دارای خواص ارگانولپتیکی، عملکردی و فیزیکی متعددی است که برای صنایع غذایی بسیار امیدوارکننده است[۲۰۷, ۲۰۸].

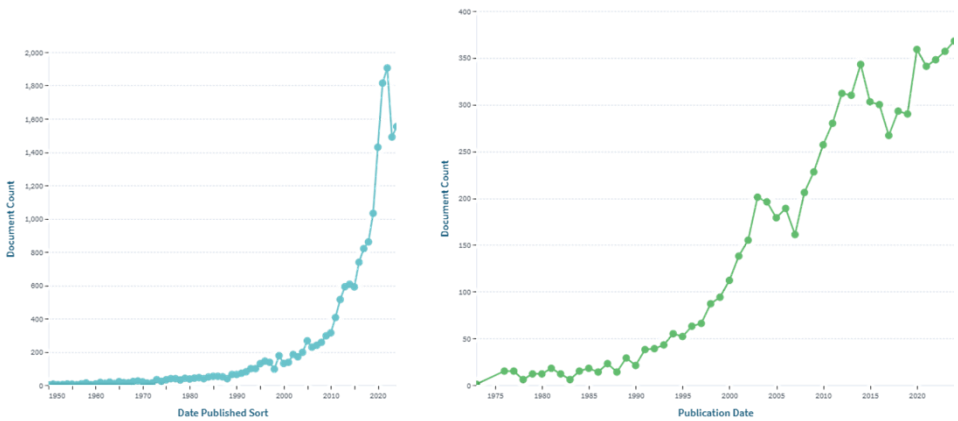
Rubisco یکی دیگر از منابع پروتئینی جایگزین میباشد. که معمولاً با نام های RuBisCo، rubisco، RuBPCase یا RuBPco شناخته می‌شود، آنزیمی (EC 4.1.1.39) است که در بخش مستقل از نور (یا "تاریک") فتوسنتز، از جمله تثبیت کربن که توسط آن دی اکسید کربن جوی توسط گیاهان و سایر موجودات فتوسنتزی به مولکول‌های غنی از انرژی مانند گلوکز تبدیل می‌شود، نقش دارد. این آنزیم تقریباً چهار میلیارد سال پیش در متابولیسم اولیه قبل از حضور اکسیژن روی زمین پدیدار شد. این آنزیم احتمالاً فراوان‌ترین آنزیم روی زمین است. از نظر شیمیایی، کربوکسیلاسیون ریبولوز-۱،۵-بیس فسفات (همچنین به عنوان RuBP شناخته می‌شود) را کاتالیز می‌کند[۲۰۸]. RuBisCO از نظر بیولوژیکی مهم است زیرا واکنش شیمیایی اولیه‌ای را که از طریق آن کربن معدنی وارد زیست‌کره می‌شود، کاتالیز می‌کند. با توجه به اهمیت آن، RuBisCO فراوان‌ترین پروتئین در برگ‌ها است که ۵۰٪ پروتئین محلول برگ را در گیاهان C3 (۲۰ تا ۳۰٪ از کل نیتروژن برگ) و ۳۰٪ پروتئین محلول برگ را در گیاهان C4 (۵ تا ۹٪ از کل نیتروژن برگ) تشکیل می‌دهد[۲۰۸].

جدول زیر مقایسه پروتئین RuBisCO را با پروتئین آب پنیر و سویا نمایش می‌دهد.

جدول (۷-۴) مقایسه پروتئین RuBisCO با پروتئین آب پنیر و سویا

ویژگی	پروتئین RuBisCO (ایزوله خالص)	پروتئین وی (Whey)	پروتئین سویا (Soya)
کامل بودن پروتئین	کامل (Complete) - حاوی تمام ۹ اسید آمینه ضروری (EAA)	کامل (Complete)	کامل (Complete) (اما متیونین اغلب محدودکننده است)
مقدار اسید آمینه ضروری	بالا / متعادل - اغلب از استانداردهای WHO فراتر می‌رود.	بالاترین - به ویژه غنی از BCAA (لوسین، ایزولوسین، والین).	متوسط - مقدار متیونین و سیستئین اغلب پایین‌تر است.
امتیاز قابلیت هضم PDCAAS	۱ از ۱	۱ از ۱	۰.۹۲ از ۱
سرعت جذب	بسیار سریع - سرعت جذب بالا (به دلیل ماهیت آنزیمی)	سریع	متوسط
آلرژی‌زایی	غیرآلرژی‌زا	می‌تواند برای افراد حساس به لبنیات مشکل‌ساز باشد.	یک آلرژن رایج است.
خواص حسی (طعم و رنگ)	خنثی، بی‌بو، بی‌رنگ (پس از تصفیه)	خنثی تا کمی شیری.	اغلب دارای طعم "حبوباتی" یا "لوبیا مانند" مشخص.

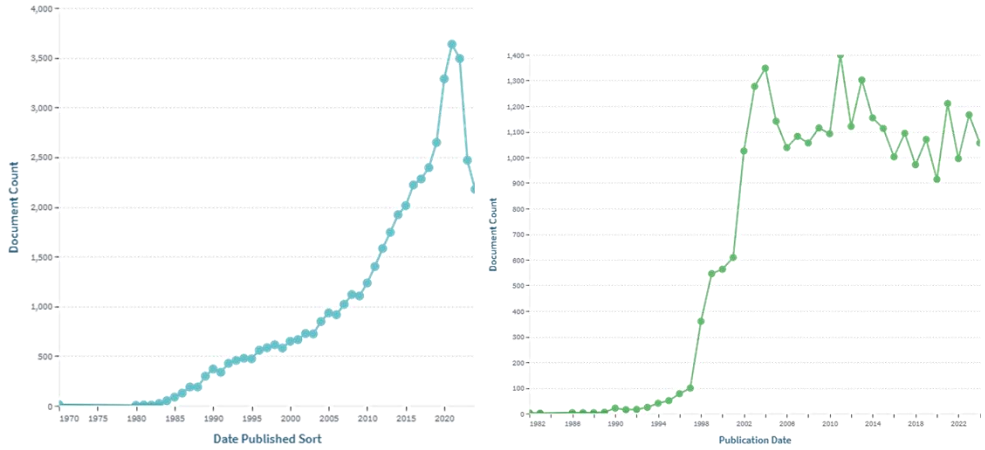
شکل زیر مقالات و پتنت‌های مربوط به میسیلیوم پروتئین و Rubisco را نمایش می‌دهد.



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شکل (۲۷-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) میسیلیوم پروتئنین قارچی



شکل (۲۸-۴) نمودار تعداد مقالات (چپ-رنگ آبی) و پتنت‌های (راست- رنگ سبز) پروتئین rubisco

جدول زیر شرکت‌های تولید کننده Rubisco را نمایش می‌دهد.

نام شرکت	کشور مبدأ	منبع اصلی پروتئین RuBisCO	تمرکز اصلی / محصول
Plantible Foods	ایالات متحده آمریکا	عدسک آبی (Duckweed / Lemna)	تولید "پروتئین روبی Rubi protein™: یک ماده اولیه کاربردی، با لیست مواد اولیه تمیز، و طعم خنثی برای استفاده در لبنیات، گوشت و محصولات پختنی گیاهی. این شرکت یک تأسیسات تجاری در مقیاس بزرگ در تگزاس افتتاح کرده است.
Leaft Foods	نیوزیلند	یونجه (Alfalfa / Lucerne)	تمرکز بر یک فرآیند ملایم و ایمن غذایی برای استخراج پروتئین RuBisCO با قابلیت‌های عملکردی بالا. این شرکت محصول مصرفی خود (نوشیدنی ورزشی Leaft Blade) را عرضه کرده و در حال افزایش تولید مواد اولیه برای کسب‌وکارهای دیگر B2B است.
Rubisco Foods	هلند	عدسک آبی	یک شرکت اروپایی که بر تجاری‌سازی پروتئین RuBisCO از عدسک آبی کار می‌کند و تأییدیه‌های نظارتی لازم در اروپا در مورد ایمنی غلظت‌های پروتئینی مشتق شده از آن را دریافت کرده است.
Day 8	اسرائیل	ضایعات کشاورزی (برگ‌های گیاهان)	یک استارتاپ نوظهور که با استفاده از ضایعات ارتقاء یافته کشاورزی (مانند برگ‌های دور ریخته شده گوجه فرنگی یا چغندر قند) و یک فرآیند استخراج اختصاصی، بر تغییر اقتصاد تولید پروتئین RuBisCO تمرکز دارد.
Cosun Beet Company	هلند	برگ چغندر قند	یک تعاونی کشاورزی بزرگ که با هدف استفاده از برگ‌های باقیمانده از تولید چغندر قند — به عنوان یک جریان عظیم ضایعات — در فناوری استخراج RuBisCO سرمایه‌گذاری کرده تا ایزوله پروتئین تولید کند.

جدول زیر شرکت‌های تولید کننده مایکوپروتئین را مشخص می‌کند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

نام شرکت	کشور	منبع پروتئین	تمرکز اصلی / محصول
The Protein Brewery	هلند	مایسلیوم قارچ	تولید ماده اولیه پروتئینی با نام "فرموتیین" (Fermotein). این پروتئین با فیبر بالا، طعم و بوی خنثی و مقیاس‌پذیری بالا، به عنوان یک ماده اولیه هزینه-مؤثر برای محصولات غذایی مختلف (مانند میان‌وعده‌ها، جایگزین‌های لبنی و مکمل‌ها) عرضه می‌شود.
Matr Foods	دانمارک	مایسلیوم قارچ	تولید جایگزین‌های گوشتی با برچسب تمیز (Clean-Label) بر پایه مایسلیوم از طریق فرآیند تخمیر حالت جامد روی مواد اولیه مانند چغندر و جو دوسر. محصولات آن‌ها شامل برگر و گوشت چرخ‌کرده گیاهی است.
The Better Meat .Co	ایالات متحده آمریکا	مایسلیوم قارچ	تولید "رایزا مایکوپروتئین" (Rhiza Mycoprotein)، یک ماده اولیه با پروتئین بالا و بافت مطلوب که برای بهبود بافت، آبدار بودن و ارزش غذایی جایگزین‌های گوشتی و همچنین کاهش نیاز به چربی و مواد افزودنی استفاده می‌شود.
NoMy	نروژ	مایسلیوم قارچ	متمرکز بر استفاده از جریان‌های جانبی صنعت غذا (مانند پساب‌های فرآوری چغندر قند) برای رشد مایکوپروتئین با ارزش بالا از طریق فناوری تخمیر. هدف آن‌ها ایجاد یک سیستم غذایی چرخه‌ای است.
Pacifico Biolabs	آلمان	مایسلیوم قارچ	توسعه پلتفرم تخمیر برای تولید نسل جدیدی از محصولات گوشتی گیاهی که بافت و طعم قابل مقایسه‌ای با گوشت سنتی دارند و نیاز به فرمولاسیون‌های پیچیده را کاهش می‌دهند.

۴-۵-۱۰- تکنولوژی‌های زیستی

۴-۵-۱۰-۱- شرکت‌های CDMO

در سال‌های اخیر، با افزایش روند برون‌سپاری شرکت‌ها در جهان، توجه به سازمان‌های توسعه و تولید قراردادی[1] (CDMO) افزایش پیدا کرده است. بیوتکنولوژی صنعتی نیز از این امر، مستثنی نیست. در سال‌های اخیر، نقش سازمان‌های توسعه و تولید قراردادی (CDMO) در بیوتکنولوژی صنعتی به دلیل افزایش تقاضا برای مواد بیولوژیکی، مواد شیمیایی زیستی و مواد پیشرفته، به طور فزاینده‌ای برجسته شده است. با افزایش پیچیدگی تولید زیستی، شرکت‌های بخش بیوتکنولوژی به CDMOها روی می‌آورند تا از تخصص، امکانات تخصصی و راه‌حل‌های مقیاس‌پذیر آنها بدون سرمایه‌گذاری قابل توجه مورد نیاز برای ایجاد قابلیت‌های تولید داخلی، بهره ببرند. CDMOها طیف گسترده‌ای از خدمات، از جمله توسعه فرآیند، مقیاس‌بندی تولید و رعایت مقررات را ارائه می‌دهند و شرکت‌های بیوتکنولوژی را قادر می‌سازند تا جدول زمانی محصولات خود را تسریع کنند، هزینه‌ها را کاهش دهند و خطرات را کاهش دهند. با ظهور روندهایی مانند فرآوری زیستی یکبار مصرف[2] و Process Intestification[3]، CDMOها انعطاف‌پذیری و کارایی بیشتری را فراهم می‌کنند و آنها را به شرکای ضروری برای شرکت‌های بیوتکنولوژی تبدیل می‌کنند که هدف آنها ارائه سریع‌تر و اقتصادی‌تر محصولات نوآورانه به بازار است. به همین ترتیب، اتکای روزافزون به CDMOها، چشم‌انداز بیوتکنولوژی صنعتی را متحول می‌کند و رشد آنها را در این بخش هدایت می‌کند.

CDMOها نقش مهمی در کمک به شرکت‌های داروسازی و بیوتکنولوژی برای عرضه محصولات جدید به بازار به صورت کارآمد و مقرون به صرفه ایفا می‌کنند. یک CDMO می‌تواند یک مرکز جامع برای شرکت‌های زیستی/دارویی باشد که خدمات جامعی را از توسعه تا تولید ارائه می‌دهد. یکی از مزایای کلیدی همکاری با CDMO این است که به شرکت‌های بیوتکنولوژی

[1] Contract Development and Manufacturing Organization (CDMO)

[2] Single-use bioprocessing

[3] Process intensification

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

اجازه می‌دهد تا تولید مواد بیولوژیکی یا مواد شیمیایی زیستی خود را بدون نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد در زیرساخت‌های تولیدی خود، برون‌سپاری کنند. این امر به ویژه برای شرکت‌های بیوتکنولوژی کوچک تا متوسط که ممکن است فاقد منابع مالی برای ایجاد تأسیسات تولیدی در مقیاس بزرگ باشند، ارزشمند است. CDMOها نه تنها تخصص فنی، بلکه دانش نظارتی لازم برای پیمایش فرآیندهای پیچیده تأیید مورد نیاز آژانس‌هایی مانند FDA و EMA را نیز ارائه می‌دهند. به طور کلی، CDMOها برای اکوسیستم بیوتکنولوژی صنعتی ضروری هستند زیرا شرکت‌های بیوتکنولوژی را قادر می‌سازند تا بر شایستگی‌های اصلی خود، مانند تحقیق و توسعه محصول، تمرکز کنند و در عین حال برای تولید و بهینه‌سازی فرآیند به CDMOها متکی باشند. با افزایش تقاضا برای مواد بیولوژیکی، سوخت‌های زیستی و سایر محصولات زیستی، نقش CDMOها در بیوتکنولوژی صنعتی همچنان در حال گسترش است و پشتیبانی حیاتی در افزایش تولید، تضمین رعایت مقررات و افزایش رقابت‌پذیری کلی بازار ارائه می‌دهد.

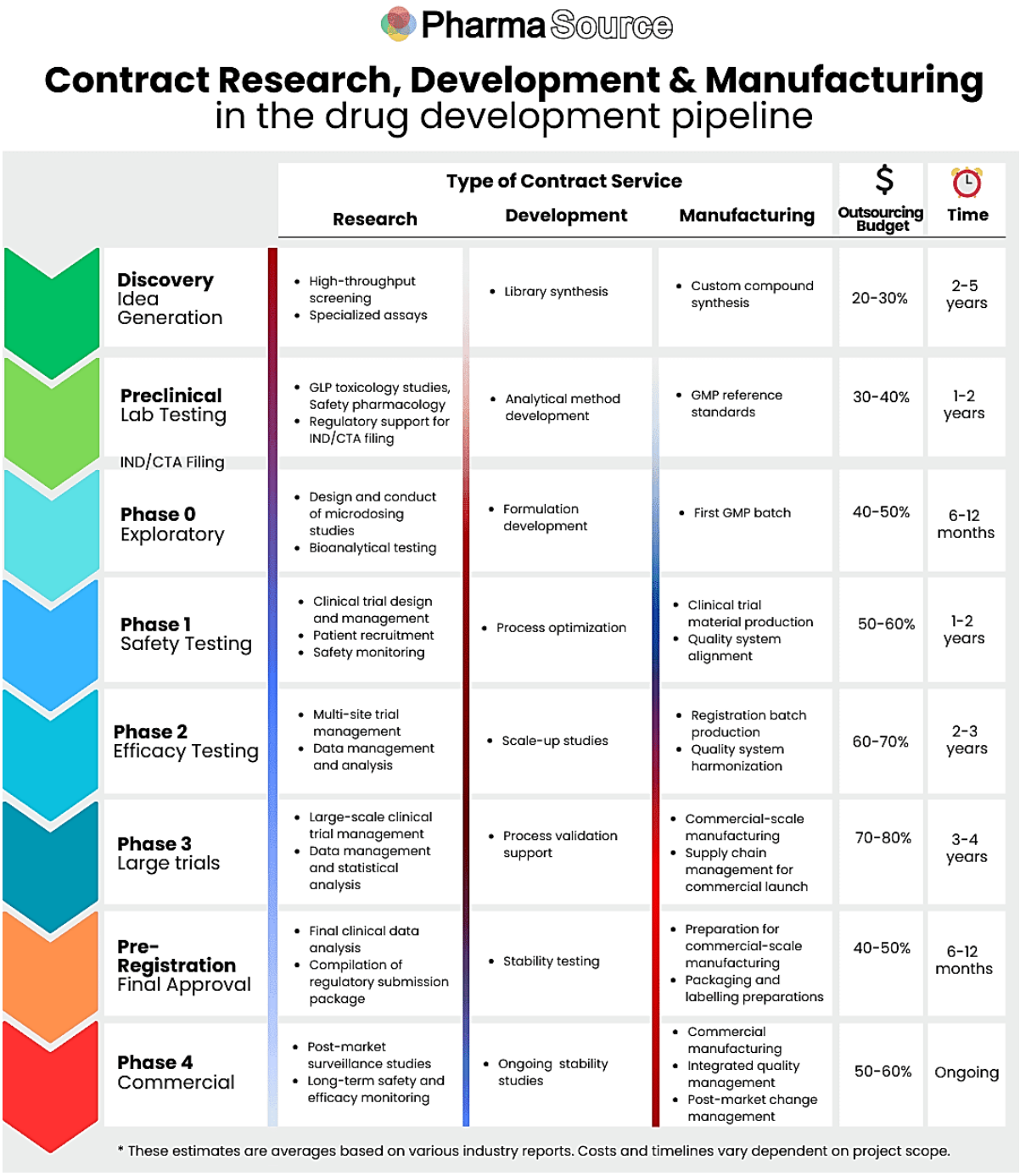
شرکت‌های توسعه بازار (CDMO) طیف وسیعی از مزایا را برای شرکت‌های بیوتکنولوژی ارائه می‌دهند. چند دلیل کلیدی که چرا شرکت‌های داروسازی تصمیم به همکاری با شرکت‌های توسعه بازار می‌گیرند[۲۰۹] را میتوان برشمرد:

- سرعت ورود به بازار: شرکت‌های توسعه بازار تخصص و منابع لازم برای تسریع فرآیند توسعه را دارند و به شرکت‌های بیوتکنولوژی کمک می‌کنند تا محصولات خود را سریع‌تر به بازار عرضه کنند.
- صرفه‌جویی در هزینه: با برون‌سپاری فرآیند توسعه و تولید به یک شرکت توسعه بازار، شرکت‌ها می‌توانند به صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها دست یابند. آنها می‌توانند از هزینه‌های بالای سرمایه مرتبط با راه‌اندازی تأسیسات تولیدی خود جلوگیری کرده و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند.
- مقیاس‌پذیری: شرکت‌های توسعه بازار راهکارهای مقیاس‌پذیر ارائه می‌دهند و به شرکت‌های بیوتکنولوژی اجازه می‌دهند تا به راحتی تولید خود را بر اساس تقاضا افزایش یا کاهش دهند.
- تمرکز بر شایستگی‌های اصلی: با برون‌سپاری وظایف پیچیده توسعه و تولید به یک شرکت توسعه بازار، شرکت‌های بیوتکنولوژی می‌توانند بر شایستگی‌های اصلی خود مانند کشف و بازاریابی محصول موردنظر تمرکز کنند.
- رعایت مقررات: شرکت‌های توسعه بازار در تعامل با مقامات نظارتی در سراسر جهان تجربه دارند و می‌توانند اطمینان حاصل کنند که فرآیند توسعه محصول با تمام مقررات مربوطه مطابقت دارد.
- دسترسی به فناوری‌های پیشرفته: بسیاری از شرکت‌های داروسازی CDMO به فناوری‌های پیشرفته و تجهیزات تخصصی دسترسی دارند که ممکن است در بسیاری از شرکت‌های بیوتکنولوژی به صورت داخلی در دسترس نباشد.

شکل زیر به طور مثال، نقش توسعه، تحقیق و تولید در خط تولید داروسازی و نقش شرکت‌های CDMO را نمایش می‌دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

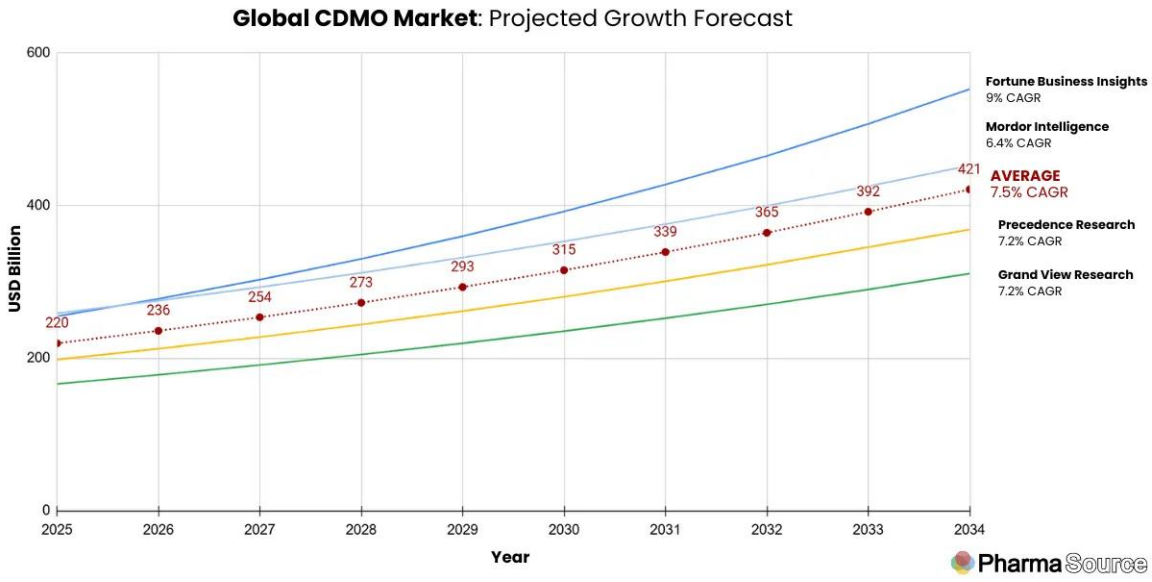


شکل (۲۹-۴) نقش توسعه، تحقیق و تولید در خط تولید داروسازی و نقش شرکت‌های CDMO [۲۰۹]

در حال حاضر، ۹۰ درصد از شرکت‌های بیوتکنولوژی اکنون برای تولید به برون‌سپاری متکی هستند تا بتوانند بر شایستگی‌های اصلی خود مانند کشف و بازاریابی تمرکز کنند، در حالی که وظایف پیچیده توسعه و تولید را به متخصصان واگذار می‌کنند. بازار CDMO در سال ۲۰۲۵، ۲۲۰ میلیارد دلار آمریکا ارزش‌گذاری شده است و با نرخ رشد مرکب سالانه ۷.۵ درصد، به شدت در حال رشد است.[۲۰۹].

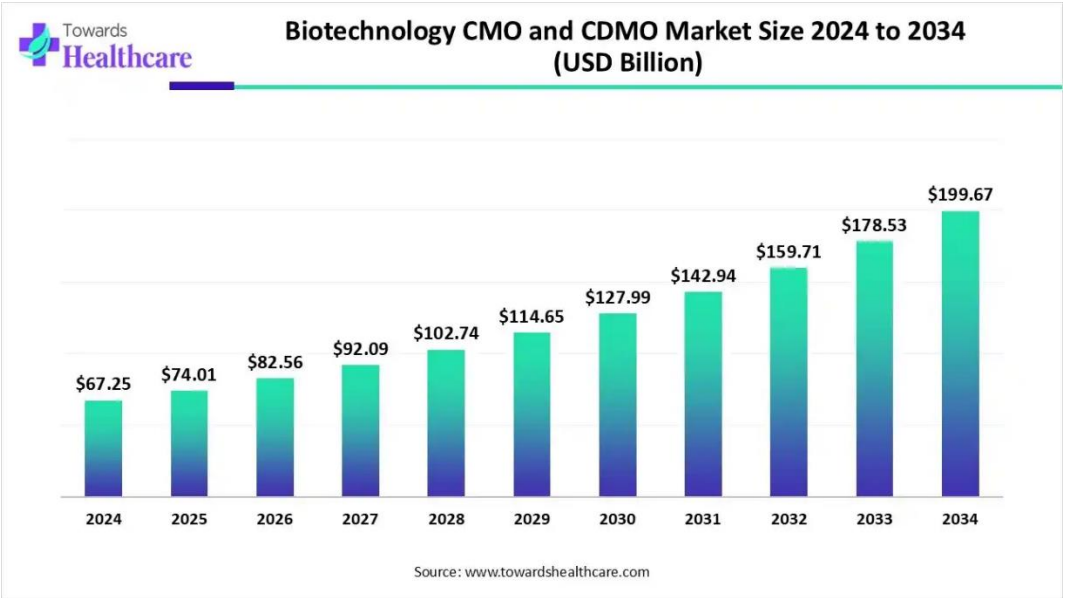
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۰-۴) باز جهانی CDMO [۲۰۹]

اندازه بازار جهانی CMO و CDMO بیوتکنولوژی در سال ۲۰۲۴، ۶۷.۲۵ میلیارد دلار آمریکا تخمین زده می‌شود، پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ به ۷۴.۰۱ میلیارد دلار آمریکا افزایش یابد و تا سال ۲۰۳۴ به حدود ۱۹۹.۶۷ میلیارد دلار آمریکا برسد. پیش‌بینی می‌شود این بازار بین سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴ با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۱.۵۴ درصد گسترش یابد. بازار CMO و CDMO بیوتکنولوژی به دلیل نیاز روزافزون به گزینه‌های درمانی پیشرفته پزشکی مانند درمان‌های سلولی و ژنی، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال و واکسن‌ها در حال رشد است. روند رو به رشد توسعه و تولید برون‌سپاری شده محصولات بیولوژیکی توسط شرکت‌های بیوتکنولوژی و داروسازی. آمریکای شمالی به دلیل پیشرفت در داروهای بیولوژیک، حمایت دولت و افزایش تقاضا برای پزشکی شخصی‌سازی شده، در بازار غالب است، در حالی که آسیا و اقیانوسیه سریع‌ترین رشد را دارد، زیرا یک مرکز برون‌سپاری مقرون به صرفه و با کیفیت پیشرفته است[۲۱۰].



شکل (۳۱-۴) اندازه بازار جهانی CMO و CDMO بیوتکنولوژی [۲۱۰]

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

بر اساس منطقه، آمریکای شمالی در سال ۲۰۲۴ با سهم تقریبی ۴۲ درصد در بازار CMO و CDMO بیوتکنولوژی غالب بود. بر اساس منطقه، انتظار می‌رود آسیا و اقیانوسیه از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴ با سریع‌ترین نرخ رشد مرکب سالانه رشد کند. دمات، بخش تولید تجاری در سال ۲۰۲۴ با سهم تقریبی ۴۶ درصد بیشترین سهم را در این بازار داشته است. بر اساس نوع محصول، بخش آنتی‌بادی‌های مونوکلونال (mAbs) در سال ۲۰۲۴ با تقریباً ۴۱٪ سهم، در بازار غالب بود. بر اساس نوع محصول، انتظار می‌رود بخش درمان‌های سلولی و ژنی سریع‌ترین رشد را در دوره پیش‌بینی‌شده، ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴، ثبت کند. بر اساس مقیاس عملیات، بخش مقیاس تجاری در بازار CMO و CDMO بیوتکنولوژی در سال ۲۰۲۴ با تقریباً ۵۳٪ سهم، غالب بود. بر اساس مقیاس عملیات، انتظار می‌رود بخش تولید انعطاف‌پذیر/هیبریدی سریع‌ترین رشد را در دوره پیش‌بینی‌شده، ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴، ثبت کند. بر اساس پلتفرم فناوری، بخش کشت سلولی پستانداران در سال ۲۰۲۴ با تقریباً ۴۸٪ سهم، در بازار غالب بود. بر اساس پلتفرم فناوری، انتظار می‌رود بخش پلتفرم‌های سلول‌درمانی و ژن‌درمانی سریع‌ترین رشد را در دوره پیش‌بینی‌شده، ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۴، ثبت کند. بر اساس کاربر نهایی، بخش شرکت‌های بزرگ داروسازی در بازار CMO و CDMO بیوتکنولوژی در سال ۲۰۲۴ با تقریباً ۴۷٪ سهم، غالب بود[۲۱۰].

اندازه بازار جهانی سازمان‌های توسعه و تولید قراردادهای (CDMO) در زمینه دارو در سال ۲۰۲۴، ۱۹.۲۲ میلیارد دلار تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۳ به ۴۲.۳۲ میلیارد دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۹.۲۱ درصد از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۳ رشد کند. این بازار تحت تأثیر شیوع فزاینده بیماری‌های مزمن و نادر، افزایش جمعیت جهانی در حال پیر شدن و تقاضای رو به رشد برای درمان‌های بسیار هدفمند قرار دارد. بازار سازمان‌های توسعه و تولید قراردادهای زیست‌پزشکی آمریکای شمالی (CDMO) بیشترین سهم را با ۴۳.۴۱ درصد از بازار جهانی در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. بر اساس خدمات، بخش تولید قراردادی بیشترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. بر اساس منبع، بخش میکروبی بیشترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ در اختیار داشت. آسیا و اقیانوسیه سریع‌ترین بازار در حال رشد را تجربه می‌کنند[۲۱۱].

شرکت‌های بزرگ بسیاری در جهان از خدمات CDMO ارائه می‌دهد. اصلی‌ترین این شرکت‌ها عبارتند از:

- Thermo Fisher Scientific (Patheon)
- Boehringer Ingelheim BioXcellence
- Rentschler Biopharma SE
- AGC Biologics
- AbbVie Contract Manufacturing
- KBI Biopharma
- Emergent BioSolutions
- Minaris Regenerative Medicine
- Vibalogics (Recipharm)
- Charles River Laboratories (Biologics CDMO unit)
- Ajinomoto Bio-Pharma Services
- Binex Co., Ltd.
- Evotec SE (Biologics CDMO division)
- Thermo Fisher Viral Vector Services
- Cognate BioServices

شکل زیر نمایش دهنده شرکت‌های CDMO اروپایی در زمینه محصولات دارویی می‌باشد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

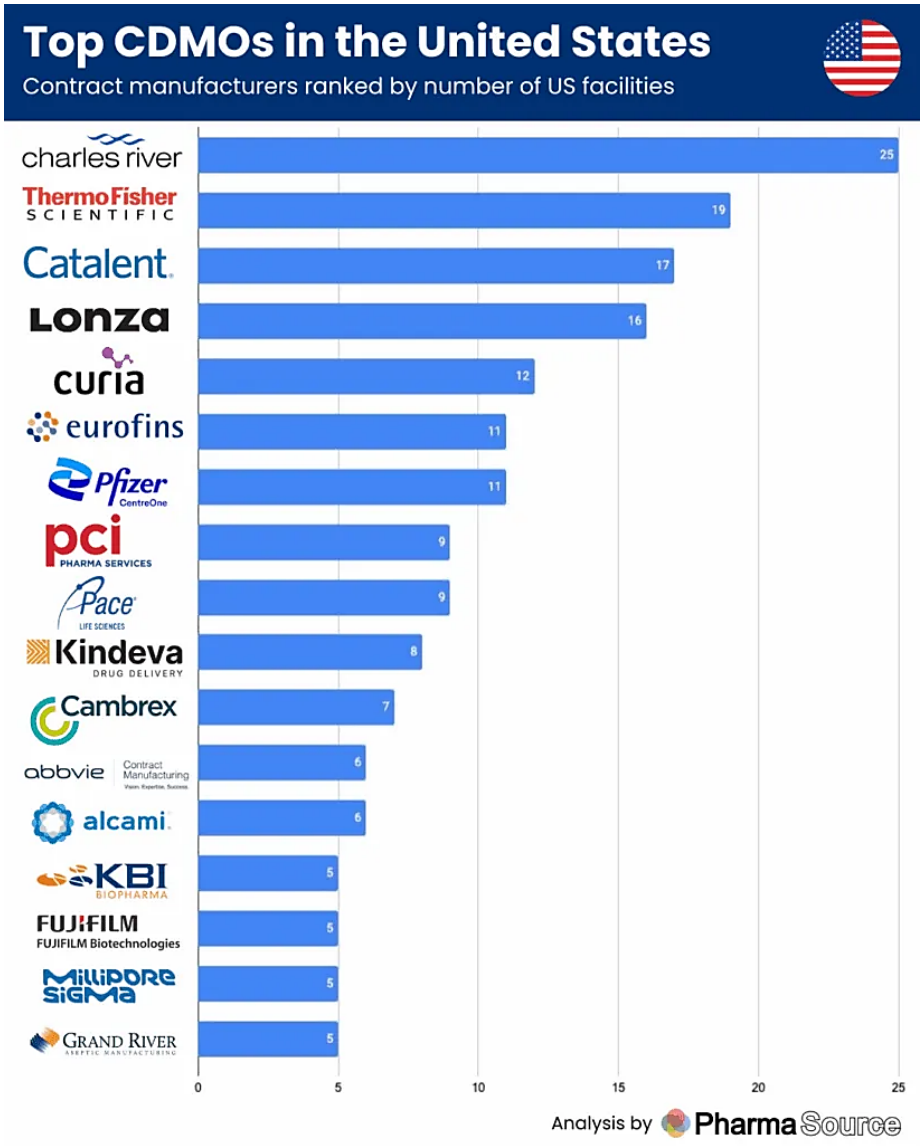


شکل (۳۲-۴) شرکت‌های CDMO اروپایی در زمینه محصولات دارویی [۲۰۹, ۲۱۲]

در شکل زیر، در اینجا تولیدکنندگان CDMO کلیدی مستقر در ایالات متحده آمریکا، بر اساس تعداد تأسیسات در کشور، رتبه‌بندی شده‌اند:

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۳-۴) تولیدکنندگان CDMO کلیدی مستقر در ایالات متحده آمریکا[۲۱۳]

فهرست ۱۰ شرکت برتر CDMO در سال ۲۰۲۴ به شرح زیر، ارائه شده است. این شرکت‌ها بر اساس درآمد سال ۲۰۲۴، همانطور که توسط شرکت‌ها در پرونده‌های نظارتی یا در پاسخ به سوالات GEN فاش شده است، رتبه‌بندی شده‌اند [۲۱۴].

۱. **Lonza Group** (بازل، سوئیس) با ۶.۵۷۴ میلیارد فرانک سوئیس (۸.۱۳۸ میلیارد دلار)

عملیات CDMO نیمه اول سال ۲۰۲۵ را با درآمد قبل از بهره، مالیات و استهلاک ۹۲۲ میلیارد فرانک سوئیس (۱.۱۴۱ میلیارد دلار) به پایان رساند که ۲۱ درصد نسبت به ۷۵۹ میلیون فرانک سوئیس (حدود ۹۴۰ میلیون دلار) در نیمه اول سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است، و درآمد آن ۲۱ درصد نسبت به سال گذشته افزایش یافته و از ۲.۵۱۷ میلیارد فرانک سوئیس (۳.۱۱۶ میلیارد دلار) به ۳.۰۵۳ میلیارد فرانک سوئیس (۳.۷۸ میلیارد دلار) رسیده است.

چشم‌انداز سال مالی ۲۰۲۵ برای کسب و کار CDMO را به رشد فروش CER به ۲۰ تا ۲۱ درصد (از "نزدیک به ۲۰ درصد") و حاشیه سود EBITDA اصلی به ۳۰ تا ۳۱ درصد (از "نزدیک به ۳۰ درصد") افزایش داده است.

ساختار بخشی خود را با سه واحد CDMO یا «پلتفرم‌های تجاری» (بیولوژیک‌های یکپارچه، سنتز پیشرفته و روش‌های تخصصی) به عنوان بخشی از یک سازمان ساده‌شده «One Lonza» که از اول آوریل لازم‌الاجرا شد، جایگزین کرد. این پلتفرم‌ها

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

یک «کسب‌وکار CDMO» را تشکیل می‌دهند که شامل کسب و کار کپسول‌ها و مواد اولیه بهداشتی (CHI) لونزا نمی‌شود.

فروش تأسیسات تولید ماکرومولکول خود به مساحت تقریبی ۲۵۰۰۰ متر مربع (۲۶۹۰۹۸ فوت مربع) در شهر دانش گوانگژو چین-سنگاپور به Joinn Biologics US، یک نهاد مستقر در ریچموند، کالیفرنیا از Joinn Laboratories مستقر در چین، تکمیل شد.

۲. **Thermo Fisher Scientific** (Waltham، MA) با درآمد ۷ میلیارد دلار

سه‌ماهه دوم ۲۰۲۵ را با درآمد خالص ۱.۶۱۸ میلیارد دلار به پایان رساند که ۴ درصد بیشتر از سه‌ماهه دوم ۲۰۲۴ است و درآمد آن ۳ درصد نسبت به سال گذشته افزایش یافته و به ۱۰.۸۵۵ میلیارد دلار رسیده است.

مطالعه‌ای منتشر کرد که در آن نتیجه‌گیری شده است پلتفرم توسعه دارویی Accelerator™ آن، که خدمات CDMOها و سازمان‌های تحقیقاتی قراردادی (CROها) را ادغام می‌کند، می‌تواند جدول زمانی توسعه داروهای سرطان‌شناسی را تا تقریباً سه سال کاهش دهد. این مطالعه که به سفارش شرکت انجام شده است، توسط مرکز مطالعات توسعه دارویی تافتز انجام شده است. دکتر دنیل بورچ، رئیس جهانی راهکارهای بیوتکنولوژی ترمو فیشر، به GEN گفت: «هرچه روش پیچیده‌تر باشد، صرفه‌جویی بیشتری در زمان حاصل می‌شود.»

توافق شد که کسب و کار تصفیه و فیلتراسیون Solventum با مبلغ تقریبی ۴.۱ میلیارد دلار نقداً و سایت تولید استریل‌های Sanofi در ریجفیلد، نیوجرسی، با قیمتی نامشخص خریداری شود.

متعهد به سرمایه‌گذاری ۲ میلیارد دلاری طی چهار سال برای حمایت از نیازهای تحقیق و توسعه و تولید مشتریان آمریکایی شد.

۳. **شرکت Catalent** (بریج‌واتر، نیوجرسی) با درآمد ۴.۴۳ میلیارد دلار

در معامله‌ای که در ۱۸ دسامبر ۲۰۲۴ تکمیل شد، توسط Novo Holdings، مدیر دارایی بنیادی که Novo Nordisk را کنترل می‌کند، به قیمت ۱۶.۵ میلیارد دلار خریداری شد. Novo Holdings از آن زمان سه سایت کاتالنت (آناگنی، ایتالیا؛ بروکسل، بلژیک؛ و بلومینگتون، ایندیانا) را به Novo Nordisk با قیمت ۱۱ میلیارد دلار پیش‌پرداخت و یک سایت چهارم کلتالنت در سامرست، نیوجرسی را به آردنا با قیمتی نامشخص فروخته است.

در ماه ژوئیه برنامه‌هایی را برای توسعه ۴۵ میلیون دلاری در تأسیسات مدیسون، ویسکانسین خود اعلام کرد. حدود ۲۰۰ شغل جدید در این تأسیسات ایجاد خواهد شد که خدمات توسعه، تولید و تحلیلی را برای درمان‌های بیولوژیکی جدید ارائه می‌دهد - و فناوری خط سلولی GPEx® Lightning این شرکت را در خود جای داده است.

در ژانویه یک همکاری استراتژیک با Galapagos آغاز کرد که برای پشتیبانی از تولید غیرمتمرکز برای مطالعات بالینی GLPG5101، کلندیدای درمان CAR T این توسعه‌دهنده داروی بلژیکی برای موارد عود/مقاوم لنفوم غیر هوچکین، طراحی شده است.

۴. **Samsung Biologics** (اینچئون، کره جنوبی) با درآمد ۴.۵۴۷ تریلیون وون (۳.۲۷۷ میلیارد دلار)

سه‌ماهه دوم را با سود عملیاتی تلفیقی ۴۷۵.۶ میلیارد وون (۳۴۳.۴ میلیون دلار) به پایان رساند که ۹.۵ درصد نسبت به سال گذشته افزایش داشته است، در حالی که درآمد ۱.۲۹ تریلیون وون (۹۳۱.۳ میلیارد دلار) بوده که ۱۱.۵ درصد نسبت به سه‌ماهه دوم ۲۰۲۴ افزایش داشته است.

در ۲۸ آوریل اعلام کرد که یک قرارداد تولید قراردادی بیولوژیک به مبلغ ۷۳۷.۳ میلیارد وون (۵۳۲.۴ میلیون دلار) با یک

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

«شرکت داروسازی مستقر در ایالات متحده» که نامش فاش نشده است، امضا کرده است.

Samsung Organoids ، مجموعه‌ای از خدمات پیشرفته غربالگری دارو که برای پشتیبانی از مشتریان در کشف و توسعه دارو طراحی شده است، راه‌اندازی شد. این راه‌اندازی، کسب و کار Samsung Biologics را گسترش می‌دهد تا شامل تحقیقات پیش‌بالینی شود و خدمات ارائه شده شامل کشف هدف، انتخاب رهبر، توسعه پیش‌بالینی و برنامه‌ریزی کارآزمایی بالینی باشد.

۵. **WuXi Biologics** (ووشی، چین) با درآمد ۱۸.۶۷۵ میلیارد یوان (۲.۵۹ میلیارد دلار)

در ۲۱ ژوئیه اعلام کرد که پنج مرکز تولیدی با موفقیت بازرسی پیش از صدور مجوز FDA را بدون هیچ مشکل بحرانی یا یافته‌ای در مورد یکپارچگی داده‌ها پشت سر گذاشته‌اند - دو مرکز تولید مواد دارویی (MFG1 و MFG5) و سه مرکز تولید محصولات دارویی (DP1، DP2 و DP5)

ساخت یک سایت تولید میکروبی جدید به مساحت ۹۵۰۰۰ متر مربع (۱.۰۲ میلیون فوت مربع) برای تولید تجاری در منطقه ونجیانگ چنگدو، چین آغاز شد. قرار است این سایت تولید GMP را تا پایان سال ۲۰۲۶ آغاز کند.

ساخت یک مرکز جدید تولید داروهای بیولوژیک مدولار با مساحت تقریبی ۳۰، ۰۰۰ متر مربع (۳۲۲۹۱۷ فوت مربع) آغاز شد که بخشی از مرکز تحقیق، توسعه و تولید قراردادی (CRDMO) شرکت در سنگاپور خواهد شد.

۶. **Siegfried** (زوفینگن، سوئیس) با درآمد ۱.۲۹۵ میلیارد فرانک سوئیس (۱.۶۰۷ میلیارد دلار)

از اول آگوست، پیتر فریسلر به عنوان مدیر ارشد بازرگانی و عضو کمیته اجرایی منصوب شد. پیتر از شرکت Evonik به این سمت پیوست، جایی که چندین نقش رهبری ارشد داشت، که اخیراً معاون فروش و خدمات جهانی برای بخش سلامت بود.

در پاسخ به تقاضای رو به رشد مشتریان، گسترش سایت تولید داروهای چشمی خود در ال ماسنو، نزدیک بارسلونا، اسپانیا را آغاز کرد تا ظرفیت تولید قطره چشم استریل خود را افزایش دهد. ظرفیت جدید از سال ۲۰۲۷ برای مشتریان در دسترس خواهد بود.

اعلام کرد که تا ۱۰ آوریل، میزان فروش شرکت که مشمول تعرفه‌های احتمالی ایالات متحده است، کمتر از ۱۰ میلیون فرانک سوئیس (۱۲.۴ میلیون دلار) بوده است.

۷. **Fujifilm Biotechnologies** (کالج استیشن، تگزاس/توکیو، ژاپن) با درآمد ۲۱۹.۵ میلیارد ین (۱.۴۹۶ میلیارد دلار)

توسعه ۱۳۸۰۰۰ فوت مربعی تأسیسات کالج استیشن، تگزاس، با تمرکز بر تولید ژن‌درمانی و واکسن.

تکمیل فاز اول یک کارخانه تولید زیستی ۳.۲ میلیارد دلاری در هالی اسپرینگز، کارولینای شمالی. انتظار می‌رود نیروی کار در آنجا تا پایان سال از ۵۰۰ به ۷۰۰ نفر و تا سال ۲۰۳۱ به ۱۴۰۰ نفر افزایش یابد.

۸. **Boehringer Ingelheim** (اینگلهایم، آلمان) با درامد ۱.۲۳۵ میلیارد یورو (۱.۴۳۱ میلیارد دلار)

نیمه اول ۲۰۲۵ را با فروش خالص گروهی که ۶.۳ درصد نسبت به نیمه اول ۲۰۲۴ رشد داشت، به ۱۴ میلیارد یورو (۱۶ میلیارد دلار) رساند.

انجام توسعه ۳۰۰ میلیون یورویی (۳۵۰ میلیون دلار) کارخانه یاماگاتا، ژاپن، که شامل افتتاح یک واحد تولیدی جدید، بهبود زیرساخت‌ها و یک کارخانه اضافی است که کلنگ آن در ماه ژوئن زده شد.

گسترش خدمات تولید قراردادی BioXcellence™ در چین، با مجوز گرفتن از تأسیسات بیوداروی این شرکت در شانگهای برای شرکت در یک طرح اصلاح مقررات آزمایشی که تولید بخش‌بندی‌شده محصولات بیولوژیکی را به رهبری اداره ملی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محصولات پزشکی چین ترویج می‌دهد.

۹. **Recipharm** (استکهلم، سوئد) با درآمد ۸۲۷ میلیون یورو (۹۵۸ میلیون دلار)

پس از تکمیل فرآیند جداسازی کسب و کار دستگاه‌های دارویی استنشاقی و بینی خود به Bespak، تمرکز اصلی خود را بر دوز جامد خوراکی، پر کردن و پرداخت استریل، و بخش محصولات دارویی بیولوژیک و درمان پیشرفته (ATMPs) ReciBioPharm تقویت کرد.

این شرکت اعلام کرد که قراردادهای بزرگ توسعه محصول را امضا کرده است و رهبری خود را در فناوری blow-fill-seal بیشتر تثبیت می‌کند. یک قرارداد با یک «پنج سازمان برتر جهانی چشم‌پزشکی» که نامش فاش نشده است، شامل تولید سریع مواد کارآزمایی بالینی برای یک مطالعه فاز I است. توافق دیگری با یک «بیوتکنولوژی جهانی چشم‌پزشکی» که نامش فاش نشده است، از یک برنامه تعلیق چشمی فاز II/III پشتیبانی خواهد کرد.

شرکت ReciBioPharm کمک هزینه سه ساله با مبلغ نامشخصی را از بنیاد بیل و ملیندا گیتس دریافت کرد تا توسعه پلتفرم تولید مداوم xRNA خود را تسریع بخشد، که زمان تولید RNA را از ۲۵ روز به پنج روز کاهش داده است تا دسترسی به واکسن‌ها و داروهای xRNA را در کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط بهبود بخشد.

۱۰. **MilliporeSigma/Merck KGaA** (برلینگتون، MA) با درامد ۷۲۲ میلیون یورو (۸۳۶ میلیون دلار)۷

یک اتحاد استراتژیک پنج ساله با Simtra BioPharma Solutions، یک CDMO متخصص در تزریقات استریل، برای ایجاد یک پیشنهاد آماده برای بیوداروهایی که به دنبال ADC و بیوکونژوگاسیون، تولید لینکر/بار مفید، توسعه فرمولاسیون محصول دارویی و قابلیت‌های پر کردن نهایی هستند، آغاز کرد. نیمه اول سال ۲۰۲۵ را با فروش خالص ۳۲۲ میلیون یورو (۳۷۵ میلیون دلار) برای واحد خدمات علوم زیستی خود، که شامل CDMO و خدمات آزمایش قراردادی است، به پایان رساند - که نسبت به ۳۵۱ میلیون یورو (حدود ۴۰۹ میلیون دلار) در نیمه اول سال ۲۰۲۴، ۸ درصد کاهش یافته است.

۲-۱۰-۵-۴- Process Intestification

تجهیزات یکبارمصرف مورد استفاده در فرایندهای زیستی[1] و Process Intestification هر دو نقش حیاتی در چشم‌انداز در حال تحول بیوتکنولوژی صنعتی ایفا می‌کنند. سیستم‌های یکبار مصرف، شرکت‌های بیوتکنولوژی را قادر می‌سازند تا فرآیندهای تولید خود را ساده‌سازی کنند، از تمیز کردن پرهزینه تجهیزات جلوگیری کنند و سریع‌تر به خواسته‌های بازار پاسخ دهند، در حالی که Process Intestification ، ابزاری برای تولید محصولات با کیفیت بالا با کارایی بیشتر و منابع کمتر فراهم می‌کند. این نوآوری‌ها در کنار هم به پیشبرد آینده بیوتکنولوژی صنعتی کمک می‌کنند و فرآیندهای تولید زیستی را پایدارتر، سازگارتر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌کنند. پذیرش این فناوری‌ها برای CDMOها نیز ضروری است، زیرا به آنها کمک می‌کند تا بتوانند راه‌حل‌های تولیدی با کیفیت بالا و مقرون به صرفه را برای برآوردن نیازهای متنوع مشتریان خود در بخش‌های بیوتکنولوژی و داروسازی ارائه دهند.

Process Intestification به بهینه‌سازی فرآیندهای تولید زیستی برای بهبود بهره‌وری و در عین حال به حداقل رساندن مصرف منابع اشاره دارد. این شامل بهبود عناصر مختلف فرآیند تولید، مانند طراحی راکتور، فناوری‌های اختلاط و تکنیک‌های جداسازی است. هدف، افزایش بازده محصولات مورد نظر با استفاده از انرژی، آب و مواد اولیه کمتر است. Process

[1] Single-use bioprocessing & assemblie

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

Intestification اغلب منجر به تأسیسات کوچک‌تر و کارآمدتری می‌شود که به منابع کمتری برای فعالیت نیاز دارند، که به ویژه در صنایعی مانند داروسازی و سوخت‌های زیستی مزیت دارد. با افزایش نرخ تولید محصولات و کاهش زمان و منابع صرف شده برای هر دسته، Process Intestification می‌تواند هزینه‌های تولید را به طور قابل توجهی کاهش داده و کارایی کلی را افزایش دهد. برای شرکت‌های بیوتکنولوژی صنعتی و CDMOها، اتخاذ استراتژی‌های Process Intestification برای حفظ رقابت، به ویژه با افزایش تقاضا برای داروهای بیولوژیکی و مواد شیمیایی زیستی، ضروری است.

روندها و کاربردهای کلیدی Process Intestification به شرح زیر است:

- فرآیند زیستی یکپارچه پیوسته[1] (ICB): این یک روند اولیه است که با هدف جایگزینی عملیات دسته‌ای سنتی و در مقیاس بزرگ با سیستم‌های پیوسته کوچک‌تر، انعطاف‌پذیر و یکپارچه انجام می‌شود. این اغلب به معنای پیوند مستقیم فرآیندهای بالادستی (کشت سلولی) به مراحل خالص‌سازی پایین‌دستی و ساده‌سازی کل گردش کار است.
- فرآیند بالادستی (کشت سلولی): Process Intestification از طریق کشت‌های با تراکم سلولی بالا با استفاده از فناوری‌های پرفیوژن حاصل می‌شود که به طور مداوم مواد مغذی را تغذیه و مواد زائد را حذف می‌کنند و منجر به غلظت‌های بسیار بالاتر محصول در بیوراکتورهای کوچک‌تر می‌شوند [۲، ۷]. پایین‌دستی (خالص‌سازی): کروماتوگرافی پیوسته (مثلاً کروماتوگرافی چند ستونی مانند جذب پیوسته) جایگزین ستون‌های دسته‌ای بزرگ می‌شود و به طور قابل توجهی مصرف بافر، اندازه رزین و زمان پردازش را کاهش می‌دهد.
- فناوری‌های تک‌کاربردی[2] (SUTs): تغییر از تجهیزات ثابت فولاد ضد زنگ به بیوراکتورها، کیسه‌ها و ستون‌های کروماتوگرافی یکبار مصرف، نوعی Process Intestification است. SUTها نیاز به فرآیندهای تمیز کردن و استریل کردن وقت‌گیر و پرهزینه (تمیز کردن در محل و استریل کردن در محل) را از بین می‌برند، توان عملیاتی تأسیسات، انعطاف‌پذیری و مصرف آب/انرژی را بهبود می‌بخشند.
- فناوری‌های جداسازی نوین[3]: روندها شامل استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مانند کروماتوگرافی غشایی است که در مقایسه با روش‌های سنتی، سرعت جریان سریع‌تر و تراکم ستون کمتری را ارائه می‌دهد و جداسازی کارآمد را در فرآیندهای تشدید شده امکان‌پذیر می‌سازد.
- اتوماسیون و دیجیتال‌سازی[4]: کنترل فرآیند پیشرفته[5] (APC)، نظارت بلادرنگ از طریق فناوری تحلیلی فرآیند[6] (PAT) و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای مدیریت عملیات تشدید شده و پیوسته بسیار مهم هستند. این فناوری‌ها، ثبات فرآیند را تضمین می‌کنند، امکان عرضه محصولات در زمان واقعی را فراهم می‌کنند و مداخله دستی را کاهش می‌دهند.
- امکانات مدولار و کوچک‌تر: فرآیندهای فشرده، امکان استفاده از تجهیزات کوچک‌تر و فضای فیزیکی کمتر را فراهم می‌کنند. این امر امکان استفاده از "امکانات بر اساس تقاضا" قابل حمل و مدولار را فراهم می‌کند که می‌توانند به

---

[1] Integrated Continuous Bioprocess (ICB)

[2] Single-Use Technologies (SUTs)

[3] New separation technologies

[4] Automation and digitalization

[5] Advanced Process Control (APC)

[6] Process Analytical Technology (PAT)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سرعت مستقر و مقیاس‌بندی شوند و انعطاف‌پذیری را برای بازارهای جغرافیایی مختلف یا تقاضاهای محصول ارائه دهند.

استفاده از Process Intestification در صنایع بیوتکنولوژی ناشی از تمایل به موارد زیر است:

- کاهش هزینه کالاهای فروخته شده[1] (COGS): افزایش کارایی، بازده بالاتر و ضایعات کمتر مستقیماً به کاهش هزینه‌های تولید منجر می‌شود.
- زمان سریع‌تر برای ورود به بازار: پردازش ساده شده و تجهیزات در مقیاس کوچک‌تر می‌توانند توسعه فرآیند و آزمایش‌های بالینی را تسریع کنند.
- کیفیت و ثبات بهبود یافته: فرآیندهای مداوم که در حالت پایدار اجرا می‌شوند، اغلب کیفیت محصول ثابت‌تری را در مقایسه با عملیات دسته‌ای ارائه می‌دهند.
- پایداری: کاهش مصرف آب، انرژی و مواد شیمیایی با اهداف زیست‌محیطی همسو است.

به طور کلی، Process Intestification ، تولید بیوتکنولوژی را از رویکرد سنتی بچ به یک الگوی تولید پیوسته کارآمدتر، انعطاف‌پذیرتر و یکپارچه‌تر تبدیل می‌کند. روند غالب Process Intestification (PI) در بیوتکنولوژی، به ویژه در تولید زیست‌دارو، حرکتی به سمت سیستم‌های تولیدی پیوسته، خودکار و بسیار انعطاف‌پذیر است که بهره‌وری بسیار بالاتر، هزینه‌های پایین‌تر و فضای کمتری را نسبت به پردازش دسته‌ای سنتی ارائه می‌دهند. صنعت در حال حرکت از عملیات تولید بچ به عملیات تولید پیوسته است که امکان تولید بدون توقف، تراکم سلولی بالاتر و کیفیت محصول پایدارتر را فراهم می‌کند. این امر به ویژه در فرآیندهای بالادستی با استفاده از کشت‌های سلولی پرفیوژن با دستگاه‌های نگهداری سلول مانند جریان مماسی متناوب[2] (ATF) یا فیلتراسیون جریان مماسی (TFF) ایجاد می‌شود. تمرکز اصلی بر افزایش بهره‌وری کشت سلولی است. استراتژی‌ها شامل موارد زیر است:

- بانک سلولی با چگالی بالا[3] (HD) و قطارهای بذر تشدید شده: تلقیح بیوراکتورهای تولیدی با غلظت‌های سلولی بالاتر، زمان‌بندی فاز گسترش سلولی و تعداد پاساژهای مورد نیاز را کاهش می‌دهد.
- رده‌های سلولی با تولید بالا: استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مهندسی رده سلولی، مانند CRISPR، برای ایجاد رده‌های سلولی که ذاتاً محصول بیشتری در هر سلول تولید می‌کنند.

برای مدیریت تیترهای بالاتر و تغییرات ناخالصی بالقوه ناشی از فرآیندهای تشدید شده بالادستی، عملیات پایین‌دستی نیز تشدید می‌شوند. عملیات مورد استفاده در فرایندهای پایین دستی عبارتند از:

- کروماتوگرافی چند ستونی: این تکنیک امکان خالص‌سازی نیمه پیوسته یا پیوسته را فراهم می‌کند و نیاز به رزین و مصرف بافر را کاهش می‌دهد.
- جاذب‌های غشایی: این جاذب‌ها در حالت جریان-گذر برای مراحل صیقل‌دهی کارآمد استفاده می‌شوند و فرآیند را ساده‌تر می‌کنند.

سیستم‌های ماژولار و تک‌کاربره (یکبار مصرف) به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر، زمان تعویض سریع‌تر (حذف نیاز به تمیز کردن

[1] Cost of Goods Sold (COGS)

[2] Alternating Tangential Flow (ATF)

[3] High Density (HD)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

در محل/عقیم‌سازی در محل) و کاهش مصرف آب و انرژی، به طور فزاینده‌ای محبوب هستند. ادغام اتوماسیون، تجزیه و تحلیل داده‌ها و ابزارهای فناوری تجزیه و تحلیل فرآیند[1] (PAT) یک روند قابل توجه است. این ابزارها امکان نظارت بر فرآیند در زمان واقعی، کنترل پیشرفته فرآیند و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را فراهم می‌کنند که برای مدیریت پیچیدگی فرآیندهای تشدید شده و مداوم بسیار مهم است. استراتژی‌های Process Intestification نه تنها برای آنتی‌بادی‌های مونوکلونال سنتی (mAbs) بلکه برای درمان‌های پیشرفته مانند ناقل‌های ویروسی برای ژن‌درمانی، واکسن‌های DNA و اگزوزوم‌ها نیز اعمال می‌شوند که به روش‌های تولید کارآمدتر و انعطاف‌پذیرتری نیاز دارند.

به طور کلی، روند به سمت تولید زیستی بسیار کارآمد، چابک و مقرون به صرفه است که بتواند به سرعت به تقاضای بازار پاسخ دهد و درمان‌های نجات‌بخش را سریع‌تر به بازار عرضه کند.

۳-۱۰-۵-۴- تجهیزات یکبار مصرف مورد استفاده در فرایندهای زیستی

تجهیزات یکبارمصرف مورد استفاده در فرایندهای زیستی[2] و Process Intestification[3] دو نوآوری مهم در بیوتکنولوژی صنعتی هستند که نحوه انجام فرآیندهای تولید زیستی را متحول کرده‌اند و مزایای قابل توجهی را از نظر کارایی، انعطاف‌پذیری و مقرون‌به‌صرفه بودن ارائه می‌دهند.

در صنعت زیست‌دارویی، سه نوع سیستم پردازش، داروهای درمانی تولید می‌کنند. نوع اول شامل سیستم‌های استیل ضد زنگ است. این سیستم‌ها قابل استفاده مجدد، بادوام و قادر به تحمل مواد شیمیایی مورد استفاده برای ضدعفونی سیستم‌های پردازش دارویی، معمولاً در دماهای بسیار بالا، هستند. این امر مستلزم پروتکل‌های استریلیزاسیون سختگیرانه‌ای است که به طور بالقوه شامل مواد شیمیایی قوی و بخار هستند و در نتیجه مصرف انرژی قابل توجهی برای رساندن سیستم‌ها به دماهای بسیار بالا مورد نیاز برای استریلیزاسیون مؤثر ایجاد می‌کنند. نوع دوم، سیستم‌های تا حدی یکبار مصرف[4] هستند. این سیستم‌ها بسته به نوع داروی تولید شده، بیش از یک بار از برخی از قسمت‌های سیستم پردازش استفاده می‌کنند. قطعات مورد استفاده مجدد مانند سیستم‌های فولاد ضد زنگ، تحت رژیم‌های تمیز کردن و استریل کردن قرار می‌گیرند و نگهداری آنها ضروری است زیرا عناصر قابل استفاده مجدد به مرور زمان خراب می‌شوند. هم سیستم‌های استیل ضد زنگ و هم قطعات قابل استفاده مجدد سیستم‌های یکبار مصرف، حتی با برنامه‌های تمیز کردن و استریل کردن معتبر، خطر ذاتی آلودگی را دارند[۲۱۵].

سیستم‌های یکبار مصرف[5]، نوع سوم سیستم پردازش زیست‌دارویی، برای استفاده در طول فرآیند تولید یک بچ از داروهای درمانی طراحی شده‌اند و سپس دور انداخته می‌شوند. افزایش پذیرش فناوری‌های یکبار مصرف، با حذف نیاز به تمیز کردن بین دسته‌ها، خطرات آلودگی متقابل محصول را کاهش می‌دهد. این سیستم‌ها که در یک اتاق تمیز تولید می‌شوند، در دو کیسه قرار می‌گیرند و سپس با روش‌های استریلیزاسیون گاما، EtO یا اشعه ایکس استریل می‌شوند، یک سیستم استریل را

---

[1] Process Analysis Technology (PAT)

[2] Single-use bioprocessing & assemblie

[3] Process intensification

[4] Partly disposable systems

[5] Single-use systems

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

برای هر بچ تضمین می‌کنند و همچنین بسیار کارآمد و مقرون به صرفه هستند. در سیستم‌های یکبار مصرف، تمام قطعات فرآیند، از جمله شیلنگ‌ها، کیسه‌ها و درزگیرها، دور ریخته می‌شوند و با یک مجموعه جدید جایگزین می‌شوند، بنابراین سیستم به سرعت راه‌اندازی و راه‌اندازی می‌شود. این امر باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود و خطر آلودگی کمتری را به همراه دارد[۲۱۵].

تجهیزات یکبارمصرف مورد استفاده در فرایندهای زیستی[1] به استفاده از تجهیزات و سیستم‌های یکبار مصرف در تولید زیستی، از جمله بیوراکتورها، واحدهای فیلتراسیون و میکسرها اشاره دارد. به طور سنتی، تولید زیستی شامل استفاده از تجهیزات استیل ضد زنگ بود که نیاز به تمیز کردن، استریل کردن و نگهداری کامل بین بچ‌ها داشتند که این امر مستلزم صرف منابع و زمان زیادی بود. در مقابل، سیستم‌های یکبار مصرف نیاز به تمیز کردن را از بین می‌برند و هم هزینه‌های عملیاتی و هم خطر آلودگی متقابل بین بچ‌ها را کاهش می‌دهند. اجرای فرآیند زیستی یکبار مصرف، افزایش یا کاهش مقیاس را بر اساس تقاضا برای شرکت‌ها آسان‌تر کرده است، زیرا ماهیت یکبار مصرف تجهیزات، انعطاف‌پذیری بیشتری را در تولید فراهم می‌کند. این رویکرد به ویژه در تولید داروهای بیولوژیک، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، ژن‌درمانی‌ها و واکسن‌ها، که در آن‌ها سرعت و انعطاف‌پذیری بسیار مهم است، مفید است. نقش سیستم‌های یکبار مصرف در CDMOها حیاتی است زیرا آن‌ها روشی سریع‌تر و کارآمدتر برای انجام آزمایش‌های بالینی و پاسخگویی به تقاضاهای متغیر بازار بدون نیاز به سرمایه‌گذاری‌های کلان در زیرساخت‌های اختصاصی ارائه می‌دهند[۲۱۵].

طبق گفته Single Use Support GmbH، سیستم‌های یکبار مصرف با ارائه ۴۶ درصد کاهش در مصرف آب و انرژی، ۳۵ درصد کاهش انتشار CO2 مطلوب‌تر به دلیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از تأسیسات و ۴۰ درصد کاهش هزینه اولیه سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهند. آن‌ها به تولیدکنندگان داروسازی اجازه می‌دهند تا با افزایش توان عملیاتی و آسان‌تر کردن مقیاس‌پذیری، محصولات را سریع‌تر به بازار عرضه کنند[۲۱۵].

این فناوری عمدتاً در تولید داروهای بیولوژیک، چه در صنایع بالادستی، شامل بیوراکتورها، چه در آماده‌سازی محیط کشت، چه در فرآیندهای پایین‌دستی تولید، شامل انتقال مسیر سیال برای فیلتراسیون، کروماتوگرافی، پاکسازی ویروسی و سایر مراحل، کاربرد دارد. داروهای رایج تولید شده با این روش‌ها شامل آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، واکسن‌های mRNA و سایر اجزای دارویی در مقیاس تجاری هستند[۲۱۵].

[1] Single-use bioprocessing & assemblie

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۴-۴) راکتورهای یکبار مصرف شرکت CytoLinX® BR یا حجم‌های ۱۰-۲۰۰۰ لیتر (داخل محفظه پلاستیک وجود دارد)



شکل (۳۵-۴) (راست) میکسر مگنتی و (چپ) سیستم Feeding یکبار مصرف شرکت Biolink

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۳۶-۴) راکتورهای یکبار مصرف شرکت BIOSTAT STR® با حجم‌های ۵۰-۲۰۰۰ لیتر

شرکت WuXi Biologics ، یک سازمان تحقیق، توسعه و تولید قراردادی (CRDMO)، با موفقیت سه مجموعه جدید از بیوراکتورهای یکبار مصرف ۵۰۰۰ لیتری را در کارخانه تولید مواد دارویی MFG20 خود در هانگژو، چین نصب کرده است. این اقدام با افزایش ظرفیت از ۸۰۰۰ لیتر به ۲۳۰۰۰ لیتر، قابلیت تولید در این سایت را افزایش می‌دهد.

به گفته این شرکت، بیوراکتورهای یکبار مصرف، تولید انعطاف‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه‌تری را ارائه می‌دهند و در مقایسه با بیوراکتورهای فولاد ضد زنگ، از نظر زیست‌محیطی پایدارتر هستند و خطر آلودگی کمتری دارند. استفاده از راکتور بزرگ‌تر با کاهش تعداد بچ‌های تولیدی، راندمان تولید را بهبود می‌بخشد و با کاهش مصرف تجهیزات، نیروی کار و مواد، هزینه تولید را کاهش می‌دهد. انتظار می‌رود بیوراکتورهای یکبار مصرف جدید در تأسیسات هانگژو، اواخر سال ۲۰۲۴، مجوز تولید خوب (GMP) را دریافت کنند[۲۱۶].



شکل (۳۷-۴) خط تولید داروی های شرکت WuXi Biologics با استفاده از راکتورهای یکبار مصرف ۵۰۰۰ لیتری[۲۱۶]

شرکت Pfizer خط تولید واکسن خود از سلول‌های هویج را در راکتورهای یکبار مصرف، راه اندازی کرده است. نام تجاری محصول مشتق‌شده از سلول‌های گیاهی (سلول هویج) که توسط فایزر با همکاری Protalix BioTherapeutics توسعه داده

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شـده اسـت، ELELYSO® (taliglucerase alfa) اسـت. ELELYSO اولین درمان تأیید شـده توسـط FDA اسـت که در یک سـیسـتم بیان مبتنی بر سـلول‌های گیاهی (سـلول هویج) (ProCellEx®) برای درمان جایگزینی آنزیم در بزرگسـالان مبتلا به بیماری گوچر نوع I تولید شده است[۲۱۷, ۲۱۸].



شکل (۳۸-۴) خط تولید واکسن شرکت Pfizer از سلول‌های هویج در راکتورهای یکبارمصرف

شـرکت ژاپنی AGC Biologics اعلام کرده اسـت که دو بیوراکتور یکبار مصـرف Thermo Scientific DynaDrive با ظرفیت ۵۰۰۰ لیتر را در تأسـیسـات جدید خود در یوکوهاما، ژاپن، معرفی خواهد کرد. قرار اسـت این سـایت جدید عملیات GMP را در سـال ۲۰۲۷ آغاز کند و به یکی از پیشـرفته‌ترین مکان‌ها در ژاپن برای تولید بیولوژیک مبتنی بر پسـتانداران[1] در مقیاس بزرگ تبدیل شود. طبق داده‌های ۲۰۲۴ از پایگاه داده bioTRAK گروه BDO، سیسـتم‌های یکبار مصرف اکنون ۵۱٪ از فناوری‌های بیوراکتور پسـتانداران را در سـطح جهان تشـکیل می‌دهند که ناشـی از این مزایا اسـت. تاسـیسـات یوکوهاما از توسـعه فاز اولیه تا تولید تجاری پشـتیبانی خواهد کرد. این مرکز، بیان ژن پسـتانداران، سـلول درمانی و محصـولات دارویی mRNA را مدیریت خواهد کرد. AGC Biologics بخشـی از شـرکت علوم زیسـتی AGC Inc. اسـت که بیش از ده مرکز در سـراسـر جهان را که به زیسـت‌داروها، درمان‌های پیشـرفته، APIهای مولکول‌های کوچک و مواد شـیمیایی کشـاورزی اختصـاص داده شـده اسـت، اداره می‌کند[۲۱۹]

شرکت Aragen Bioscience و Getinge، یک ارائه‌دهنده خدمات علوم زیستی سوئدی، از اعتبارسنجی موفقیت‌آمیز راکتورهای تولیدیکبار مصـرف Getinge (SUPR) برای تولید آنتی‌بادی نوترکیب در مقیاس بزرگ خبر دادند. این همکاری، تخصـص تولید زیست‌دارویی Aragen و فناوری تک‌منظوره Getinge را با هدف تولید یکپارچه دسته‌های بزرگ ترکیب می‌کند.

این مطالعه اعتبارسـنجی در مرکز تحقیق و توسـعه Aragen در مورگان هیل، کالیفرنیا انجام شد. این مطالعه، عملکرد بیوراکتور SUPR با حجم‌های ۵۰ و ۲۵۰ لیتری را در تولید آنتی‌بادی‌های نوترکیب با کیفیت بالا نشان داد. این راکتور به گونه‌ای طراحی

[1] Mammalian-based biologics

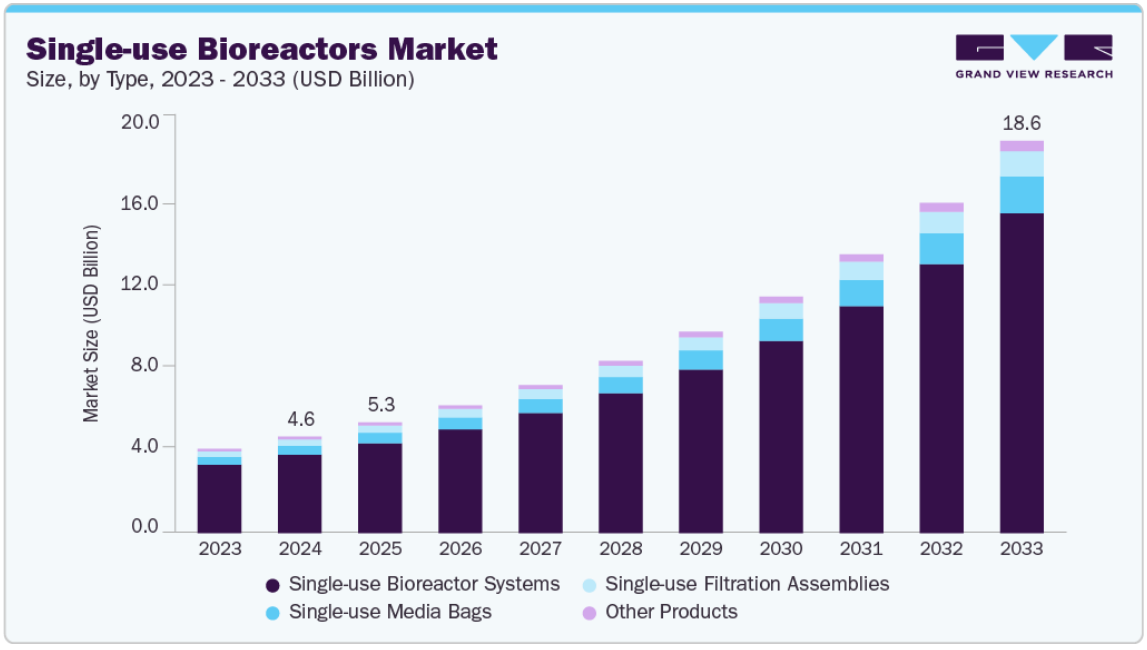
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

شده است که جایگزین تک‌منظوره برای بیوراکتورهای سنتی فولاد ضد زنگ در مقیاس پایلوت و تولید باشد. این امر به فرآیند بالادستی اجازه می‌دهد تا از تحقیق تا تولید با یک پلتفرم تک‌منظوره قابل اعتماد ادامه یابد[۲۲۰].

اندازه بازار جهانی بیوراکتورهای یکبار مصرف در سال ۲۰۲۴، ۴.۵۸ میلیارد دلار تخمین زده شد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۳ به ۱۸.۶۵ میلیارد دلار برسد و با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۷.۱۲ درصد از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۳ رشد کند. سیستم‌های یکبار مصرف به عنوان یک فناوری مهم برای کاربردهای دارویی و کشت سلولی پستانداران در حال ظهور هستند. سیستم‌های یکبار مصرف به عنوان یک فناوری مهم برای کاربردهای کشت سلولی دارویی و پستانداران در حال ظهور هستند. بازار بیوراکتورهای تک‌منظوره آمریکای شمالی با ۳۴.۲۴٪ از بازار جهانی در سال ۲۰۲۴، بیشترین سهم درآمد را در اختیار داشت. بر اساس محصول، بخش سیستم‌های بیوراکتور تک‌منظوره با ۸۲٪ بالاترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ به خود اختصاص داد. بر اساس نوع، بخش سیستم‌های بیوراکتور تک‌منظوره با مخزن همزن، بالاترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ به خود اختصاص داد. بر اساس نوع سلول، بخش سلول‌های پستانداران بالاترین سهم بازار را در سال ۲۰۲۴ به خود اختصاص داد[۲۱۵].

بازار بیوراکتورهای یکبار مصرف، به دلیل چندین عامل کلیدی، رشد چشمگیری را تجربه می‌کند. افزایش تقاضا برای داروهای بیولوژیک، از جمله آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، واکسن‌ها و ژن‌درمانی‌ها، منجر به افزایش پذیرش فناوری‌های یکبار مصرف شده است. این سیستم‌ها انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و کاهش خطر آلودگی متقابل را ارائه می‌دهند و آنها را برای تولید داروهای شخصی‌سازی شده و تولید در دسته‌های کوچک ایده‌آل می‌کنند. سازمان‌های توسعه و تولید قراردادی (CDMOs) و سازمان‌های تولید قراردادی (CMOs) به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن و کارایی آنها در برآوردن تقاضای رو به رشد تولید، به طور فزاینده‌ای از بیوراکتورهای یکبار مصرف استفاده می‌کنند[۲۱۵].

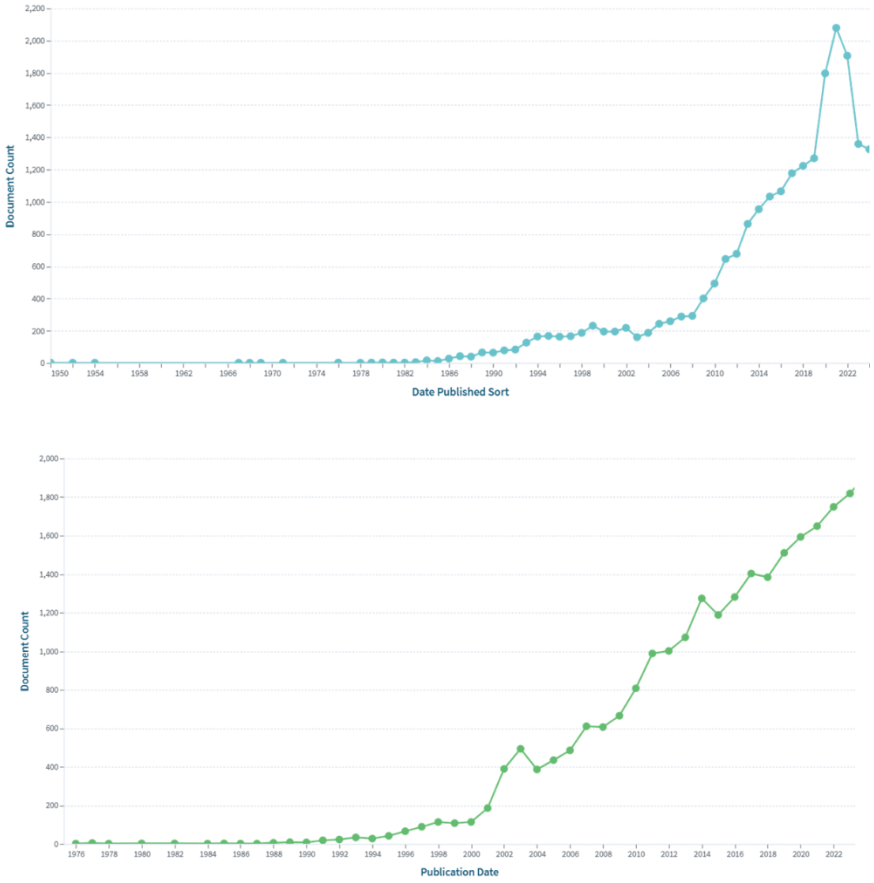


شکل (۳۹-۴) بازار بیوراکتورهای یکبار مصرف در جهان[۲۲۱]

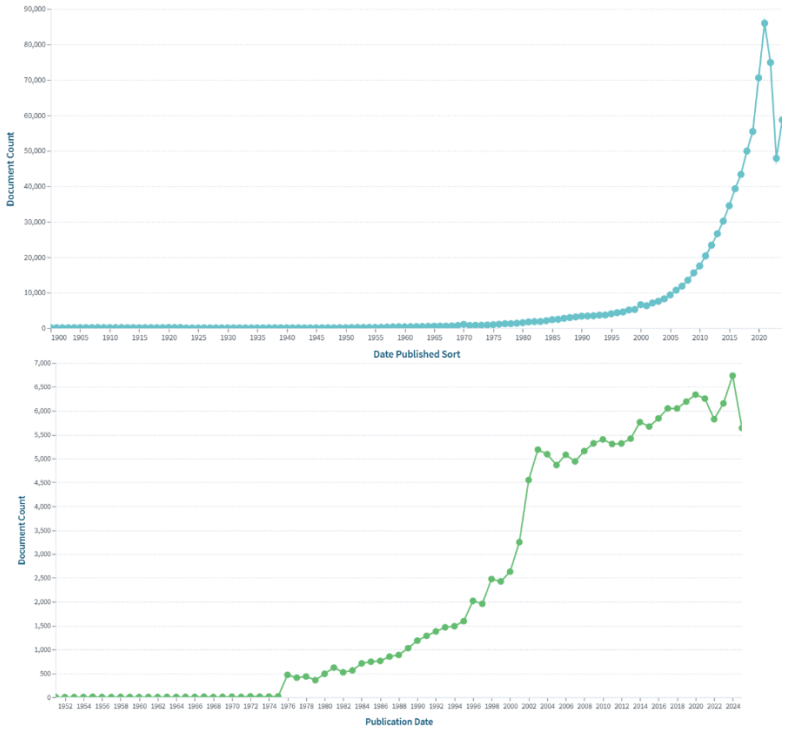
شکل زیر روند پتنت ها و مقالات در این حوزه را نمایش می دهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۰-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای Single-use



شکل (۴۱-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای Process intestification

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۱-۵-۴- کروماتوگرافی پیوسته

جداسازی کروماتوگرافی پیوسته[1] یک تکنیک پیشرفته است که در بیوتکنولوژی برای خالص‌سازی و جداسازی مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، آنتی‌بادی‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سایر مولکول‌های زیستی استفاده می‌شود. برخلاف کروماتوگرافی بچ سنتی که مواد را در چرخه‌های گسسته پردازش می‌کند، جداسازی کروماتوگرافی پیوسته شامل جریان پیوسته نمونه از طریق یک ستون کروماتوگرافی است که امکان جداسازی‌های کارآمدتر، مقیاس‌پذیرتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر را فراهم می‌کند. این روش در فرآیندهای بیوتکنولوژیکی، به‌ویژه برای تولید و خالص‌سازی در مقیاس بزرگ داروهای زیستی، مواد شیمیایی زیستی و سایر محصولات مشتق‌شده از نظر بیولوژیکی، اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند.

نقش جداسازی کروماتوگرافی پیوسته در بیوتکنولوژی چندوجهی است. در کروماتوگرافی بچ سنتی، نمونه در ستون بارگذاری می‌شود، جداسازی انجام می‌شود و سپس شسته می‌شود و این فرآیند برای هر دسته تکرار می‌شود. این روش می‌تواند زمان‌بر و منابع‌بر باشد، زیرا ستون باید بین دسته‌ها تمیز، شارژ و بارگیری مجدد شود. در مقابل، کروماتوگرافی پیوسته با تغذیه مداوم نمونه از طریق ستون و در عین حال جمع‌آوری مداوم بخش‌های جدا شده عمل می‌کند. این امر منجر به فرآیندی ساده‌تر با وقفه‌های کمتر می‌شود که منجر به بهبود بهره‌وری و کارایی می‌شود.

کروماتوگرافی پیوسته علاوه بر بهبود کارایی، از نظر مقیاس‌پذیری نیز مزایای قابل توجهی ارائه می‌دهد. فرآیندهای بیوتکنولوژیکی، به ویژه فرآیندهایی که در تولید زیست‌داروها دخیل هستند، اغلب نیاز به تغییر مقیاس از مقیاس آزمایشگاهی یا پایلوت به تولید تجاری در مقیاس بزرگ دارند. سیستم‌های کروماتوگرافی پیوسته به ویژه برای فرآیندهای در مقیاس بزرگ مناسب هستند زیرا می‌توان آنها را به راحتی با افزایش تعداد ستون‌ها یا تنظیم سرعت جریان، بدون نیاز به تغییرات قابل توجه در طراحی کلی فرآیند، افزایش مقیاس داد. این مقیاس‌پذیری در برآوردن تقاضای رو به رشد برای داروهای بیولوژیکی و سایر محصولات بیوتکنولوژی، به ویژه با توجه به اینکه بازار جهانی زیست‌داروها همچنان در حال گسترش است، بسیار مهم است.

علاوه بر این، کروماتوگرافی پیوسته می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه در تولید در مقیاس بزرگ شود. با به حداقل رساندن زمان از کارافتادگی مرتبط با تمیز کردن و شارژ مجدد ستون، و همچنین کاهش مقدار معرف‌ها و حلال‌های مورد نیاز، سیستم‌های پیوسته می‌توانند هم هزینه‌های عملیاتی و هم اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهند. ماهیت پیوسته این فرآیند، خروجی محصول با ثبات‌تری را نیز ممکن می‌سازد که در صنایعی مانند داروسازی، که در آن‌ها ثبات و کیفیت محصول برای رعایت مقررات و ایمنی بیمار بسیار مهم است، اهمیت دارد.

کروماتوگرافی بستر متحرک شبیه‌سازی‌شده[2] (SMB) و کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی[3] (SFC) دو تکنیک کروماتوگرافی پیشرفته هستند که در زمینه‌های مختلف، از جمله بیوتکنولوژی صنعتی، داروسازی و مهندسی شیمی، برای جداسازی و خالص‌سازی مخلوط‌های پیچیده استفاده می‌شوند. هر دو تکنیک از نظر کارایی، مقیاس‌پذیری و گزینش‌پذیری مزایای متمایزی ارائه می‌دهند که آنها را به ابزارهای ارزشمندی در فرآیندهای بیوتکنولوژی تبدیل می‌کند.

نوعی کروماتوگرافی پیوسته است که در آن چندین ستون به صورت جریان مخالف عمل می‌کنند و نمونه به طور مداوم از

---

[1] Continuous chromatographic separation

[2] Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)

[3] Supercritical Fluid Chromatography (SFC)

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

طریق سیستم پمپ می‌شود. کروماتوگرافی SMB امکان جداسازی با توان عملیاتی بالا از مولکول‌های زیستی را فراهم می‌کند، به ویژه در زمینه خالص‌سازی پروتئین و جداسازی آنتی‌بادی. توانایی جداسازی مداوم مولکول‌های هدف از ناخالصی‌ها یا سایر مولکول‌های زیستی، پیامدهای قابل توجهی برای صنعت بیوتکنولوژی، به ویژه در تولید داروهای زیستی و واکسن‌ها دارد. به عنوان مثال، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال (mAbs) که در مقادیر زیاد برای مصارف درمانی تولید می‌شوند، اغلب به مراحل تصفیه گسترده‌ای نیاز دارند. کروماتوگرافی پیوسته می‌تواند به بهبود کارایی این فرآیندها کمک کند و زمان و هزینه‌های مرتبط با روش‌های مبتنی بر بچ را کاهش دهد.

در کروماتوگرافی SMB، چندین ستون کروماتوگرافی (معمولاً سه تا شش) در یک حلقه به هم متصل می‌شوند و خوراک به طور مداوم وارد سیستم می‌شود. ویژگی کلیدی SMB این است که چرخه جذب/واجذب در هر ستون از طریق ترکیبی از معکوس جریان و جریان مخالف حلال‌ها شبیه‌سازی می‌شود و به سیستم اجازه می‌دهد تا اجزای یک مخلوط را به طور مداوم جدا کند.

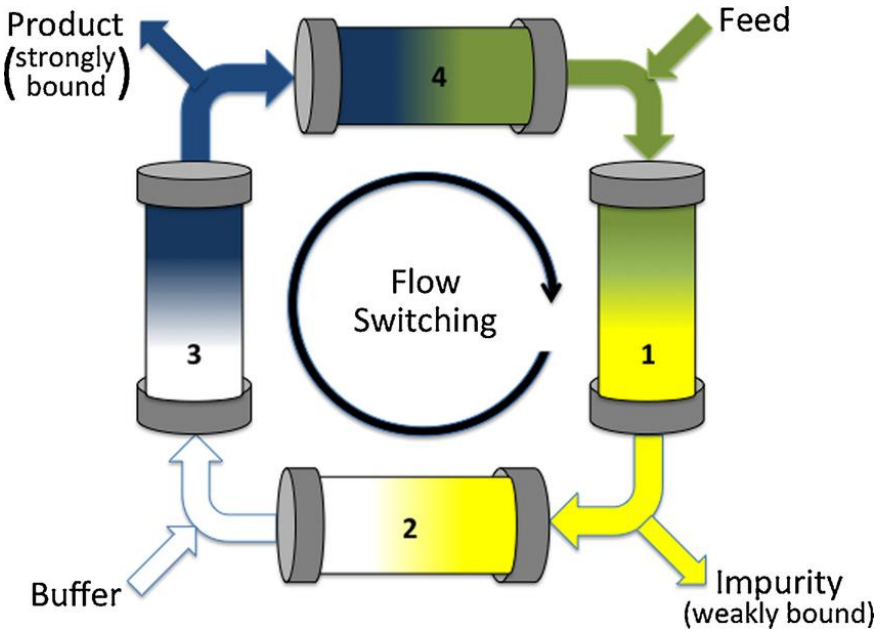
مراحل اصلی در عملکرد SMB عبارتند از:

معرفی نمونه: نمونه به سیستم وارد شده و از یک سری ستون عبور می‌کند.

جداسازی: همزمان با عبور نمونه از ستون‌ها، اجزای مختلف مخلوط با فاز ساکن (معمولاً یک رزین یا ماده جاذب) برهمکنش می‌کنند. این اجزا بر اساس تمایل آنها به فاز ساکن جدا می‌شوند.

شویش: اجزای جدا شده به طور مداوم از ستون‌ها شسته می‌شوند و سیستم جریان مداومی از بخش‌های خالص‌سازی شده را حفظ می‌کند.

جریان مخالف: حلال‌های مورد استفاده برای فرآیند شویش در جهت مخالف خوراک جریان می‌یابند و حرکت فاز ساکن را شبیه‌سازی می‌کنند، از این رو به آن «بستر متحرک شبیه‌سازی شده» می‌گویند.



شکل (۴۲-۴) شماتیک جداسازی کروماتوگرافی SMB چهار ستونی

SMB به طور گسترده در صنایعی مانند داروسازی، بیوتکنولوژی و مواد شیمیایی، به ویژه برای جداسازی ترکیبات فعال نوری، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال و محصولات طبیعی استفاده می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مزایای SMB را می‌توان موارد زیر بیان نمود:

۱. توان عملیاتی و کارایی بالا: SMB امکان جداسازی پیوسته و با توان عملیاتی بالا را فراهم می‌کند و آن را برای کاربردهای صنعتی در مقیاس بزرگ ایده‌آل می‌سازد. این روش زمان از کارافتادگی مرتبط با پردازش بچ سنتی را کاهش می‌دهد.

۲. ۲. مقرون به صرفه: SMB با عملکرد پیوسته و به حداقل رساندن نیاز به جداسازی‌های بچ های متعدد، مصرف حلال‌ها و سایر واکنش‌دهنده‌ها را کاهش می‌دهد و هزینه‌های عملیاتی را پایین می‌آورد.

۳. ۳. مقیاس‌پذیری: SMB بسیار مقیاس‌پذیر است و آن را برای کاربردهای در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی مناسب می‌کند.

۴. ۴. بهبود رلندمان جداسازی: SMB جداسازی بهتر مخلوط‌های پیچیده را فراهم می‌کند، به ویژه در مواردی که گزینش‌پذیری بالا مورد نیاز است، مانند جداسازی‌های کایرال یا تولید بیودارو.

کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی (SFC) یک تکنیک کروماتوگرافی پیشرفته است که از سیالات فوق بحرانی (SFs)، معمولاً دی اکسید کربن (CO_2)، به عنوان فاز متحرک استفاده می‌کند. سیال فوق بحرانی ماده‌ای است که در دما و فشار بالاتر از نقطه بحرانی خود نگه داشته می‌شود، جایی که خواص مایع و گاز را همزمان نشان می‌دهد. CO_2 معمولاً به دلیل ویسکوزیته پایین، نفوذپذیری بالا و توانایی حل طیف وسیعی از ترکیبات در SFC استفاده می‌شود.

در SFC، سیال فوق بحرانی از یک فاز ساکن (معمولاً یک ستون پر شده با یک جاذب جامد) عبور داده می‌شود تا اجزای مخلوط از هم جدا شوند. جداسازی بر اساس تفاوت در حلالیت ترکیبات در سیال فوق بحرانی است که با تغییر فشار یا افزودن حلال‌های کمکی تنظیم می‌شود.

مراحل اصلی در SFC عبارتند از:

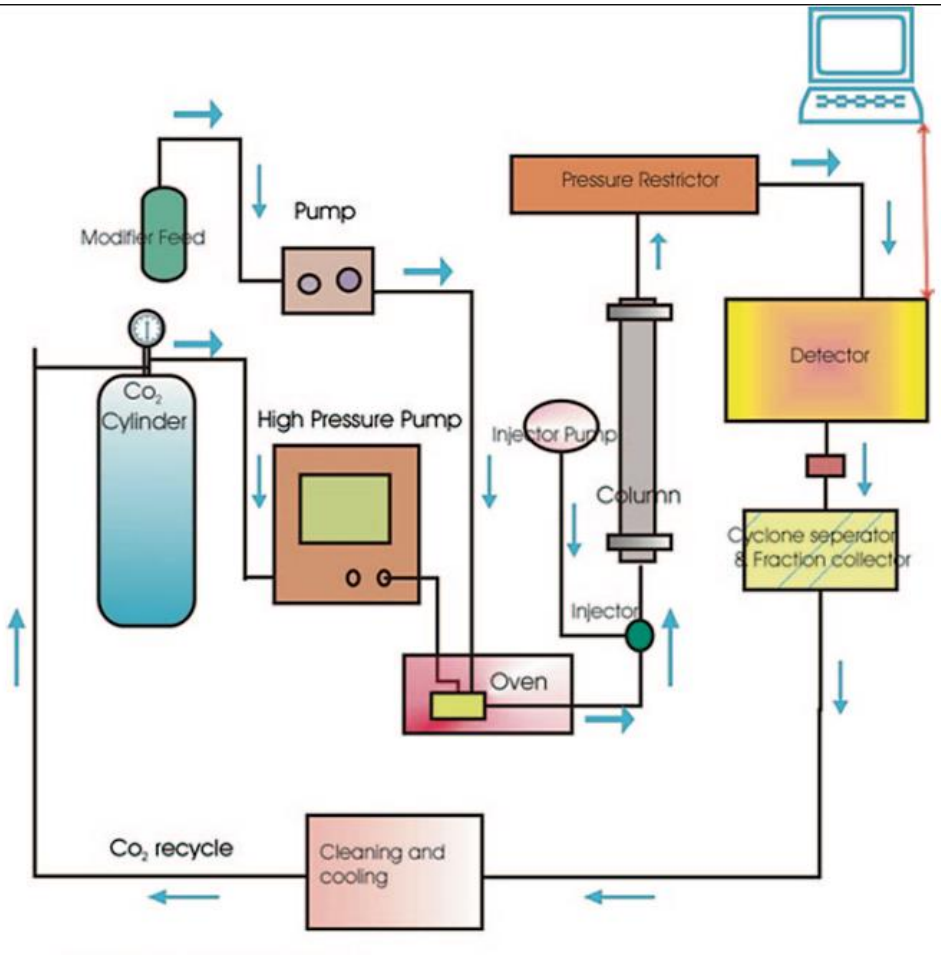
تولید سیال فوق بحرانی: CO_2 یا سیال دیگری گرم شده و تا بالای نقطه بحرانی‌اش تحت فشار قرار می‌گیرد تا به حالت فوق بحرانی برسد. این سیال هم خواص انتشار گاز مانند و هم توانایی حل‌کنندگی مایع مانند دارد که آن را به یک فاز متحرک ایده‌آل تبدیل می‌کند.

جداسازی: سیال فوق بحرانی از ستونی که با یک فاز ساکن پر شده است عبور داده می‌شود. اجزای موجود در نمونه بر اساس خواص شیمیایی و حلالیتشان در سیال فوق بحرانی، با فاز ساکن به طور متفاوتی برهمکنش می‌کنند و منجر به جداسازی می‌شوند.

تشخیص: اجزای جدا شده هنگام خروج از ستون شناسایی می‌شوند. تشخیص معمولاً با استفاده از تکنیک‌هایی مانند آشکارسازهای UV-Vis، ضریب شکست یا پراکندگی نور انجام می‌شود.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۳-۴) شماتیک کروماتوگرافی SFC

SFC به ویژه در داروسازی، بیوتکنولوژی و صنایع غذایی برای جداسازی و خالص‌سازی ترکیبات دارویی، محصولات طبیعی، پلیمرها و مخلوط‌های پیچیده استفاده می‌شود. همچنین در جداسازی کایرال مواد دارویی فعال (API) و در آزمایش خلوص انانتیومری محبوبیت پیدا می‌کند. مزایای SFC به شرح زیر است:

۱. کارایی: SFC در مقایسه با کروماتوگرافی مایع سنتی (LC)، به ویژه برای ترکیبات غیرقطبی، زمان جداسازی سریع‌تری را ارائه می‌دهد.

۲. ۲. گزینش‌پذیری: SFC می‌تواند ترکیباتی را که در حلال‌های سنتی مورد استفاده در کروماتوگرافی مایع، انحلال‌پذیری کمی دارند، جدا کند. این امر به‌ویژه موثر برای جداسازی ترکیبات کایرال، داروسازی و پلیمرها.

۳. ۳. مصرف کم حلال: از آنجایی که SFC از CO_2 فوق بحرانی استفاده می‌کند که غیرسمی و سازگار با محیط زیست است، در مقایسه با روش‌های کروماتوگرافی سنتی به حلال بسیار کمتری نیاز دارد. این امر آن را به جایگزینی سبزتر تبدیل می‌کند و اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد.

SMB و SFC هر دو با ارائه روش‌های کارآمد، مقیاس‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه برای جداسازی و خالص‌سازی مولکول‌های زیستی، نقش‌های حیاتی در بیوتکنولوژی صنعتی ایفا می‌کنند. این تکنیک‌ها در تولید زیست‌داروها، به‌ویژه در تولید داروهای زیستی، آنتی‌بادی‌های مونوکلونال و آنزیم‌ها ضروری هستند.

کروماتوگرافی SMB به‌ویژه در جداسازی در مقیاس بزرگ مخلوط‌های پیچیده، مانند خالص‌سازی پروتئین، جداسازی

https://heiatelmi.ir

آنتی‌بادی و جداسازی مولکول‌های کایرال در داروها اهمیت دارد. این روش توان عملیاتی را بهبود می‌بخشد، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و بازده را در محیط‌های تولید مداوم افزایش می‌دهد که این یک مزیت قابل توجه در بازار بسیار تنظیم‌شده و رقابتی زیست‌داروها است.

SFC به عنوان یک تکنیک همه‌کاره در خالص‌سازی ترکیبات آلی پیچیده، از جمله زیست‌مولکول‌ها، محصولات طبیعی و پلیمرها، مورد توجه قرار گرفته است. توانایی آن در جداسازی ترکیبات آبگریز و غیرقطبی با گزینش‌پذیری بالا، آن را به ابزاری مهم برای توسعه دارویی و شیمی سبز تبدیل می‌کند.

در نتیجه، SMB و SFC هر دو با ارائه تکنیک‌های جداسازی بسیار مؤثر و مقیاس‌پذیر، به طور قابل توجهی در کارایی و پایداری فرآیندهای بیوتکنولوژیکی نقش دارند. این نوآوری‌ها برای برآوردن نیازهای رو به رشد صنایع بیوتکنولوژی و داروسازی ضروری هستند و تضمین می‌کنند که ترکیبات پیچیده را می‌توان با بازده بالا، کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود سودآوری تولید و خالص‌سازی کرد.

مثال‌های استفاده از کروماتگرافی در بیو تکنولوژی می‌توان به جداسازی لیزین، تولید قندهای مانند گلوکز و فروکتوز، تولید آمینواسیدها، جداسازی لاکتوز از شیر، تولید FOS، قندزدائی از ملاس، تولید اینولین و ... اشاره نمود.



شکل (۴۴-۴) سیستم کروماتوگرافی شرکت Applexion

لیست شرکت‌هایی ارائه دهنده فناوری کروماتوگرافی که در بیوتکنولوژی صنعتی و مواد شیمیایی زیستی کاربرد دارد به شرح زیر است.

وب سایت هیات علمی

۱. شرکت Orochem Technologies Inc. (ایالات متحده آمریکا)

Orochem Technologies Inc. خدمات خالص‌سازی SMB (تبادل یونی + SMB) را در مقیاس پایلوت/تولید برای پروتئین‌ها، مواد مغذی و شیرین‌کننده‌ها ارائه می‌دهد. آنها بر پروتئین‌های گیاهی و نوترکیب، از جمله شیرین‌کننده‌هایی مانند تاگاتوز و گالاکتوز تمرکز دارند.

۲. Applexion (فرانسه)

Applexion در فناوری‌های کروماتوگرافی پیوسته، از جمله SMB متوالی (SSMB) برای محصولات زیستی مانند مواد تشکیل‌دهنده مواد غذایی، مواد تشکیل‌دهنده کاربردی و محصولات تخمیری تخصص دارد. پروژه‌های این شرکت بهش رح زیر است:

- ✓ HFCS 55/95/99، فروکتوز کریستالی.
- ✓ گلوکز با DX بالا و دکستروز کریستالی.
- ✓ پلی ال ها مانند سوربیتول، مالتیتول، مانیتول، زایلیتول و غیره.
- ✓ مواد شیمیایی مصرفی شامل MEG، PDO، گلیسین و غیره.
- ✓ الیگوساکاریدها (FOS، GOS، HMO و غیره).
- ✓ قندهای سلولزی.
- ✓ اسیدهای آلی (اسیدهای سیتریک، اسید لاکتیک و غیره).
- ✓ اسیدهای آمینه (تریپتوفان، فنیل آلانین، لوسین، متیونین و غیره).
- ✓ بازیابی محصولات با ارزش در پساب‌ها و مایعات مادر.

۳. ESCON Purification (اتریش)

ESCON خدمات جداسازی مایع در مقیاس صنعتی، از جمله کروماتوگرافی SMB، را در درجه اول برای مواد شیمیایی زیستی، مواد شیمیایی ریز و جداسازی فلز باتری ارائه می‌دهد. آنها فناوری SMB خود را به عنوان یک جزء حیاتی در فرآیندهای شیمیایی زیستی پایدار قرار می‌دهند. مواد تولید شده با استفاده از فناوری این شرکت به شرح زیر است:

- ✓ قندزدایی ملاس
- ✓ غنی‌سازی فروکتوز / تولید HFS برای تولید شربت‌هایی از جمله HFS 55، HFS 90، فروکتوز کریستالی
- ✓ دکستروز
- ✓ شربت‌های فروکتوز با خلوص بالا با خلوص فروکتوز تا ۹۸٪ (HFS 98)
- ✓ اسیدهای آلی زیستی و مواد شیمیایی پلتفرم: شرکت ESCON به همراه ARi سیستم‌های کروماتوگرافی سفارشی را برای جداسازی اسیدهای آلی زیستی مختلف، از جمله اسید استیک، اسید سیتریک، اسید سوکسینیک، اسید لاکتیک و موارد دیگر، توسعه، آزمایش و ساخته است. مواد اولیه مانند محصولات تخمیر را می‌توان به یک اسید آلی با خلوص بالا و یک جریان ناخالصی تفکیک کرد. سپس می‌توان از اسید آلی به عنوان یک ماده اولیه تجدیدپذیر برای تولید مواد شیمیایی، مانند استفاده از اسید لاکتیک خالص برای تولید بیوپلیمر اسید پلی لاکتیک (PLA) استفاده کرد.
- ✓ شکر مایع از مواد خام نیشکر: با همکاری ARi فرآیندی شامل فناوری SMB را برای تولید شکر مایع تجاری به طور

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مستقیم از شکر خام نیشکر توسعه داده است که مشخصات محصول با خلوص، رنگ، خاکستر و کدورت خریداران شکر مایع فله را برآورده می‌کند.

- ✓ هیدرولیز زیست توده: دارای تجربه گسترده‌ای در جداسازی اجزای مختلف از هیدرولیزهای زیست توده با استفاده از کروماتوگرافی و سایر فرآیندهای مبتنی بر رزین یا جاذب کسب کرده است. در این صنعت، کروماتوگرافی SMB معمولاً برای تولید جریان‌های با خلوص بالا حاوی قندهای مختلف مانند مانوز، زایلوز، گلوکز و غیره استفاده می‌شود. این قندها سپس ممکن است تخمیر شوند یا واکنش داده و طیف وسیعی از محصولات را تولید کنند.
- ✓ فناوری جداسازی ARi همچنین برای هدف قرار دادن اجزای غیرقندی خاص در عصاره زیست توده، مانند اینولین، استفاده شده است.

۴. شرکت Vogelbusch Biocommodities (اتریش)

شرکت Vogelbusch، SMB تک ستونی (eSMB) را برای جداسازی مواد شیمیایی زیستی، با تمرکز بر جریان‌های قندی و مشتق‌شده از تخمیر، ارائه می‌دهد.

۵. YMC America (ایالات متحده آمریکا)

شرکت YMC فناوری "CaptureSMB" را ارائه می‌دهد - فناوری‌ای که برای کروماتوگرافی پیوسته، عمدتاً در بخش بیوفارما برای آنتی‌بادی‌های مونوکلونال و قطعات آنتی‌بادی، استفاده می‌شود. اگرچه تمرکز اصلی آن‌ها دارویی است، اما این فناوری را می‌توان با مواد شیمیایی و آنزیم‌های زیستی نیز تطبیق داد. برای اطلاعات بیشتر، به [YMC America CaptureSMB] مراجعه کنید (https://www.ymcamerica.com/capturesmb/?utm_source=chatgpt.com).

۶. Sartorius AG (آلمان)

Sartorius BioSMB را برای کروماتوگرافی مداوم در تولید داروهای بیولوژیک، به ویژه برای جذب mAb (آنتی‌بادی مونوکلونال) فراهم می‌کند. این یک مطالعه موردی منتشر شده با Merck دارند که صرفه‌جویی در حلال تا ۹۹.۶٪ را در تولید در مقیاس بزرگ نشان می‌دهد. سیستم BioSMB آنها همچنین برای سایر جداسازی‌های پروتئین قابل استفاده است.

۷. شرکت داروسازی SK (ایالات متحده آمریکا)

شرکت داروسازی SK از فناوری SMB برای خالص‌سازی API (ترکیبات فعال دارویی) استفاده می‌کند که نشان‌دهنده‌ی قابلیت مقیاس‌پذیری آن برای تولید زیست‌دارویی در مقیاس بزرگ است. اگرچه این شرکت بر داروسازی تمرکز دارد، اما فناوری‌های SMB آن در فرآیندهای زیستی که با مواد شیمیایی و مواد مغذی زیستی همپوشانی دارند نیز استفاده می‌شوند.

اندازه بازار کروماتوگرافی بستر متحرک شبیه‌سازی‌شده (SMBC) در سال ۲۰۲۴، ۱.۲ میلیارد دلار بود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۳ به ۲.۵ میلیارد دلار برسد و نرخ رشد مرکب سالانه ۸.۷٪ را از سال ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۳ ثبت کند. پذیرش جهانی سیستم‌های SMB به دلیل پیشرفت در Process Intestification در بخش‌های داروسازی، بیوتکنولوژی و مواد شیمیایی ظریف، شاهد رشد قابل توجهی است. تغییر قابل توجه به سمت جداسازی‌های انانتیومری و تصفیه بیودارویی منجر به افزایش استقرار پلتفرم‌های کروماتوگرافی با راندمان بالا شده است. ادغام سیستم‌های کنترل خودکار و روش‌های تصفیه ترکیبی، توان عملیاتی، سطح خلوص و بهره‌وری هزینه را افزایش می‌دهد. با افزایش محبوبیت سیستم‌های مدولار و مقیاس‌پذیر، تولیدکنندگان بر کاهش مصرف حلال و بهبود پایداری عملیاتی تمرکز می‌کنند. تقاضای فزاینده برای داروهای شخصی‌سازی‌شده و بیوسیمیلارها، نوآوری در فناوری را تقویت می‌کند و تولیدکنندگان را به اولویت‌بندی مدیریت چرخه عمر

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

محصول و کنترل فرآیند دیجیتالی سوق می‌دهد. بازیگران کلیدی صنعت، از طریق سرمایه‌گذاری‌های هدفمند در معماری مدولار و ابزارهای شبیه‌سازی فرآیند، سبد محصولات خود را افزایش می‌دهند تا با چالش‌های جداسازی پیچیده روبرو شوند و در عین حال زمان عرضه به بازار را برای کاربردهای حیاتی تسریع کنند. آمریکای شمالی با ۳۵ درصد از کل درآمد در سال ۲۰۲۳، بیشترین سهم را در بازار سیستم‌های SMB دارد. آسیا و اقیانوسیه سریع‌ترین منطقه در حال رشد است و پیش‌بینی می‌شود نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) آن از سال ۲۰۲۶ تا ۲۰۳۳، ۸.۳ درصد باشد که ناشی از افزایش سرمایه‌گذاری در زیست‌داروها و افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی است. اروپا با ۲۵ درصد سهم بازار در سال ۲۰۲۳، به دلیل صنعت داروسازی جاافتاده و الزامات نظارتی سختگیرانه، همچنان بازیگر مهمی است. انتظار می‌رود بازارهای نوظهور در آمریکای لاتین و خاورمیانه و آفریقا شاهد رشد تدریجی باشند که به گسترش کلی بازار در دوره پیش‌بینی کمک می‌کند[۲۲۲].

شرکت‌های فعال در کروماتوگرافی SFC به شرح زیر است:

۱. Waters Corporation: شرکت واترز تولیدکننده پیشرو سیستم‌های کروماتوگرافی، از جمله دستگاه‌های کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی (SFC) است. آن‌ها راه‌حل‌های پیشرفته‌ای برای خالص‌سازی داروهای زیستی مانند آنتی‌بادی‌های مونوکلونال (mAbs) و پروتئین‌های درمانی و همچنین برای جداسازی محصولات طبیعی زیست‌فعال مشتق شده از گیاهان، موجودات دریایی و میکروارگانیسم‌ها ارائه می‌دهند. سیستم‌های SFC واترز در صنعت بیوتکنولوژی بسیار مهم هستند و کارایی و دقت بالایی را برای خالص‌سازی و تجزیه و تحلیل مولکول‌های پیچیده ارائه می‌دهند و آن‌ها را برای توسعه دارو و تحقیقات محصولات طبیعی ضروری می‌کنند.

۲. شرکت Agilent Technologies سیستم‌های SFC پیشرفته‌ای را ارائه می‌دهد که به طور گسترده در کاربردهای دارویی و بیوتکنولوژی استفاده می‌شوند. فناوری SFC آن‌ها جداسازی و خالص‌سازی ترکیبات کایرال، از جمله مواد دارویی فعال (APIs) و کاندیداهای دارویی، به ویژه در مراحل اولیه کشف دارو را تسهیل می‌کند. سیستم‌های اجیلنت همچنین نقش کلیدی در خالص‌سازی پروتئین و نقشه‌برداری پپتید دارند که برای صنعت بیودارو بسیار مهم است. علاوه بر این، آنها در متابولومیکس برای تجزیه و تحلیل متابولیت‌ها در نمونه‌های بیولوژیکی استفاده می‌شوند و به کشف نشانگرهای زیستی و بهبود استراتژی‌های درمانی کمک می‌کنند.

۳. Thermo Fisher Scientific سیستم‌های SFC را تولید می‌کند که در صنایع بیوتکنولوژی و داروسازی ضروری هستند. فناوری SFC آنها برای خالص‌سازی محصولات دارویی پیچیده، از جمله APIها، مواد بیولوژیکی مانند آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، واکسن‌ها و ژن‌درمانی‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر این، سیستم‌های SFC ترمو فیشر در تجزیه و تحلیل محیطی برای تشخیص آلاینده‌ها در هوا، آب و خاک استفاده می‌شوند و آنها را به ابزارهایی همه‌کاره برای کاربردهای بیوتکنولوژیکی و محیطی تبدیل می‌کنند. ابزارهای آنها به ساده‌سازی توسعه و تولید داروهای زیستی با کیفیت بالا کمک می‌کند.

۴. Bio-Rad Laboratories در زمینه محلول‌های کروماتوگرافی، از جمله سیستم‌های SFC که برای خالص‌سازی و جداسازی پروتئین حیاتی هستند، تخصص دارد. فناوری SFC آنها به طور گسترده در بخش بیوتکنولوژی برای جداسازی با وضوح بالا پروتئین‌ها و پپتیدها، که برای تحقیقات بیودارویی و توسعه دارو ضروری هستند، استفاده می‌شود. سیستم‌های Bio-Rad همچنین در خالص‌سازی اجزای محیط کشت سلولی مورد استفاده در فرآیندهای تولید زیستی به کار می‌روند و به کارایی و مقیاس‌پذیری تولید زیست‌دارو کمک می‌کنند.

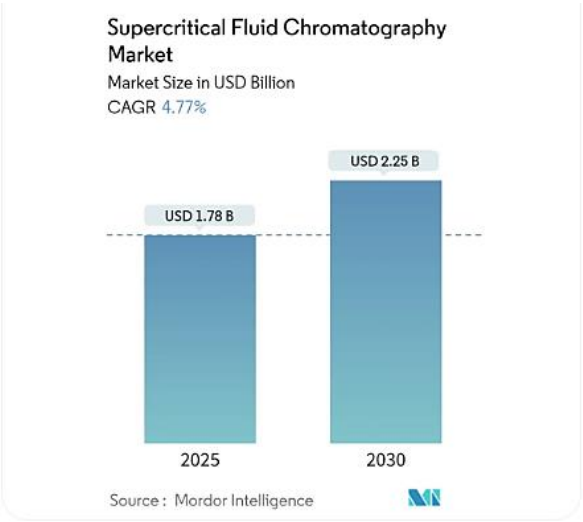
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۵. Sepax Technologies به دلیل تخصص خود در کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی شناخته شده است و راه‌حل‌های تخصصی برای جداسازی ترکیبات کایرال ارائه می‌دهد که در تولید داروهای خالص انانتیومری ضروری هستند. سیستم‌های SFC Sepax همچنین خالص‌سازی پروتئین‌های درمانی، از جمله آنتی‌بادی‌های مونوکلونال، و همچنین جداسازی محصولات طبیعی زیست فعال برای مصارف دارویی را تسهیل می‌کنند. سیستم‌های آنها برای صنعت بیوتکنولوژی ضروری هستند و از تولید زیست‌داروهای با ارزش بالا پشتیبانی می‌کنند و کیفیت محصولات دارویی را تضمین می‌کنند.

۶. Jasco سیستم‌های SFC را تولید می‌کند که به طور گسترده در هر دو بخش داروسازی و بیوتکنولوژی استفاده می‌شوند. فناوری آنها به ویژه برای جداسازی مولکول‌های کایرال مفید است که برای توسعه داروهای کایرال با اثربخشی درمانی بالا ضروری است. سیستم‌های SFC جاسکو همچنین نقش مهمی در خالص‌سازی پروتئین‌ها و پپتیدهای مورد استفاده در کاربردهای بیوتکنولوژی و همچنین در جداسازی مواد مغذی برای مکمل‌های غذایی دارند. ابزارهای آنها برای اطمینان از کیفیت و خلوص محصولات بیوتکنولوژیکی ضروری است.

ارزش بازار کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی (SFC)، در سال ۲۰۲۵، ۱.۷۸ میلیارد دلار آمریکا بود و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ به ۲.۲۵ میلیارد دلار آمریکا با نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) ۴.۷۷٪ برسد[۲۲۳].

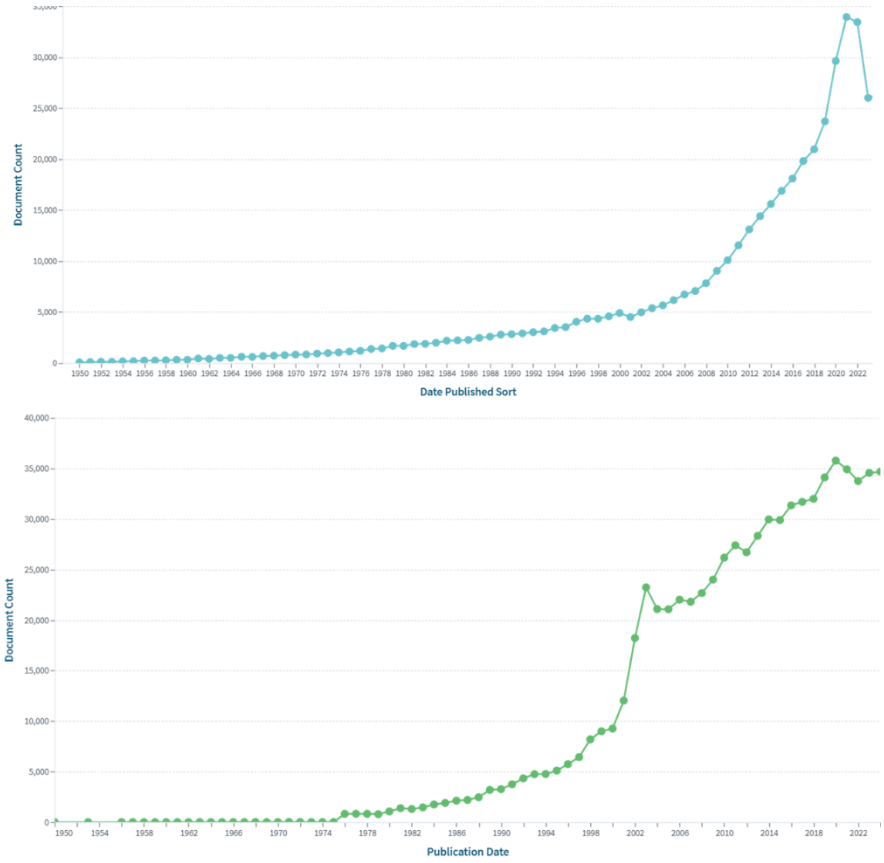




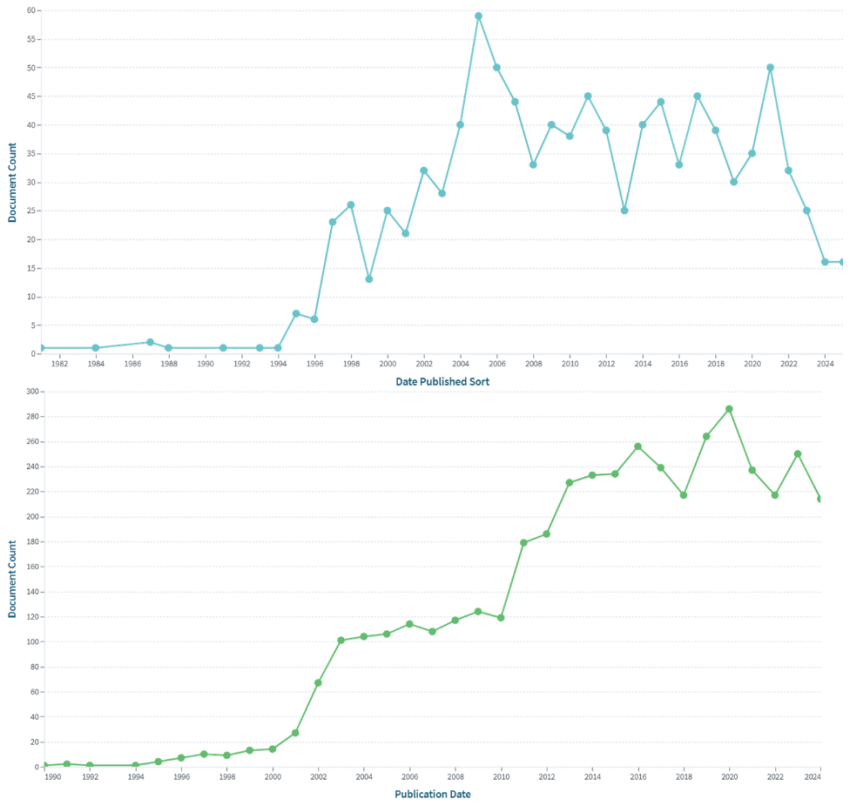
شکل زیر روند پتنت ها و مقالات درحوزه کروماتوگرافی پیوسته را نمایش میدهد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



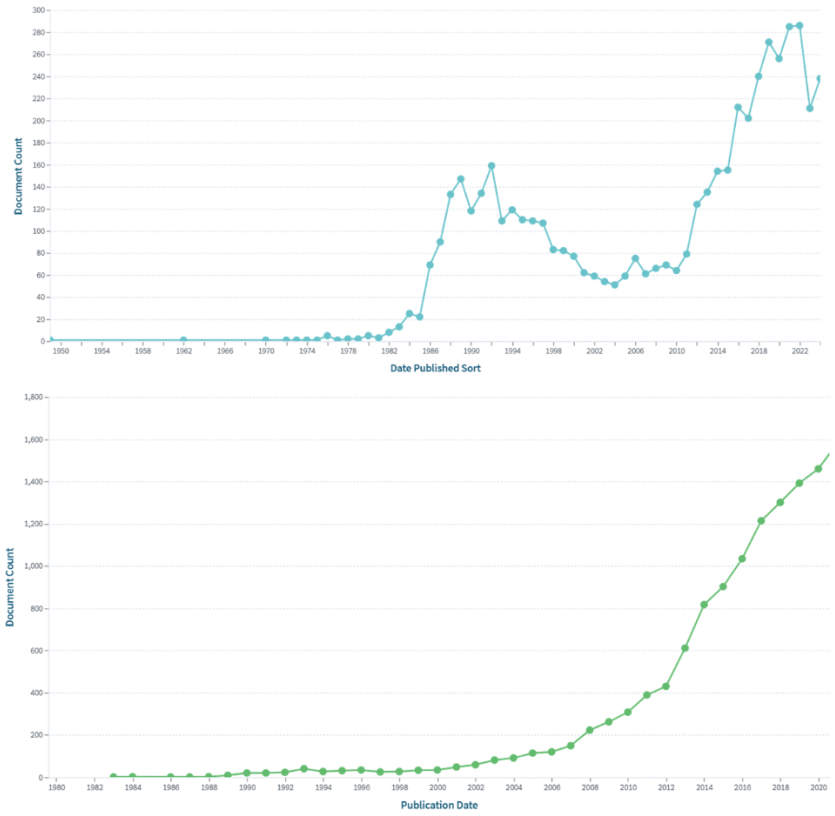
شکل (۴۵-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای کروماتوگرافی پیوسته



شکل (۴۶-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای کروماتوگرافی SMB

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



شکل (۴۷-۴) نمودار تعداد مقالات (بالا-رنگ آبی) و پتنت‌های (پایین- رنگ سبز) برای کروماتوگرافی SFC

۴-۵-۱۲- زیست درمانی زنده

زیست درمانی (بیوتراپی) زنده[1] (LBT) به دسته‌ای از محصولات اشاره دارد که از میکروارگانیسم‌های زنده مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها یا مخمرها تشکیل شده‌اند و هدف از تولید آنها، ارائه مزایای درمانی در هنگام تجویز به انسان،حیوانات یا کشاورزی است. این میکروارگانیسم‌ها که اغلب برای عملکردهای خاص مهندسی شده‌اند، با تعدیل میکروبیوم یا تعامل با سیستم ایمنی برای درمان یا پیشگیری از بیماری‌ها استفاده می‌شوند[۲۲۴].

محصولات زیست‌درمانی زنده (LBP) طبق تعریف سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) و فارماکوپه اروپا (Ph. Eur.) یک محصول بیولوژیکی هستند که:

- حاوی میکروارگانیسم‌های زنده مانند باکتری‌ها یا مخمرها هستند؛
- که برای پیشگیری، درمان یا بهبود بیماری یا وضعیت انسان قابل استفاده هستند؛ و
- واکسن، پیوند میکروبیوتای مدفوع یا عامل ژن‌درمانی نیستند[۲۲۴].

برای اطمینان از اثربخشی و ایمنی زیست‌درمانی زنده، درک عمیق‌تری از رابطه بین میکروبیوم و سلامت انسان مورد نیاز است. درمان‌های مبتنی بر میکروارگانیسم‌های زنده اغلب دارای یک شیوه عمل چند عاملی (MOA) هستند و برای رسیدن به گردش خون سیستمیک و هدف قرار دادن اندام‌ها، بافت‌ها یا گیرنده‌های دور در نظر گرفته نشده‌اند. آن‌ها با تعدیل میکروبیوتای بومی، به عنوان مثال با مهار عوامل بیماری‌زا، تعدیل فعالیت سیستم ایمنی مخاطی و/یا سیستم عصبی و با تولید

[1] Live biotherapeutic

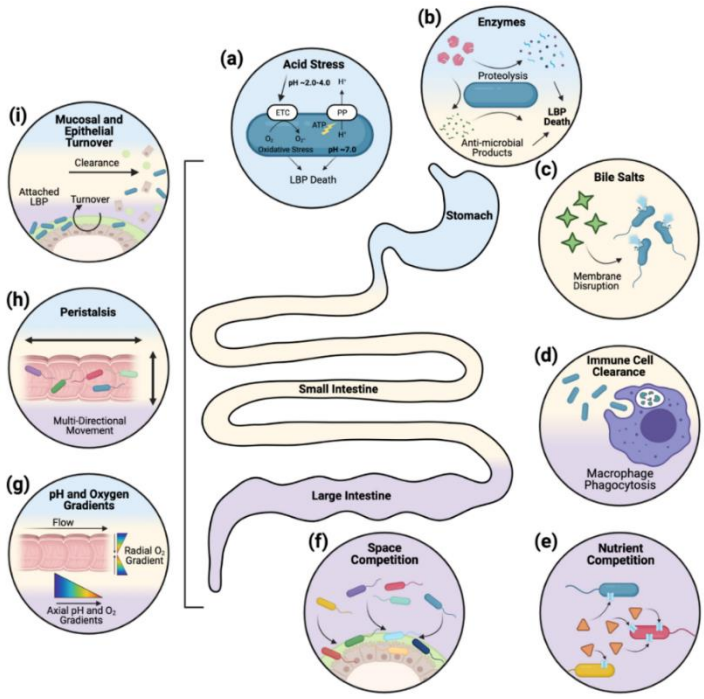
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مولکول‌های فعال، در تعامل مستقیم با اکوسیستم محلی میزبان قرار می‌گیرند. همه این موارد ممکن است به صورت جداگانه یا همزمان رخ دهند و منجر به اثرات بیولوژیکی بیشتری در میزبان شوند[۲۲۴].

LBPها ممکن است شامل یک سویه میکروبی واحد یا کنسرسیومی از سویه‌های میکروبی متعدد باشند. عملکردهای LBPها ممکن است از طریق فرآیندهای ذاتی میکروب(ها) یا از طریق مهندسی ژنتیک فعال شوند. در همه موارد، LBPها عملکردهای درمانی خاصی را انجام می‌دهند، بنابراین آنها را از مکمل‌های پروبیوتیک متمایز می‌کنند. یکی از اولین نمونه‌های LBP مهندسی ژنتیک شده، *Lactococcus lactis* بود که برای ترشح interleukin-10 برای درمان موضعی التهاب روده از طریق بهینه‌سازی درون‌تنی در حیوانات کوچک، معرفی استراتژی‌های مهار زیستی و ارزیابی در آزمایشات بالینی انسانی مهندسی شد. بیش از ۵۰٪ از آزمایش‌های بالینی فعلی با استفاده از LBPها برای درمان سرطان در ترکیب با آنتی‌بادی‌های تعدیل‌کننده سیستم ایمنی هستند که اهمیت آنها را در تنظیم سیستم ایمنی نشان می‌دهد. این امر پتانسیل LBPها را برای هدف قرار دادن طیف گسترده‌ای از نشانه‌ها تأیید می‌کند و نیاز به بهینه‌سازی فرآیند کشف و تحویل را برای گسترش سریع کاربرد LBP در بالین اثبات می‌کند[۲۲۴].

LBPها طیف گسترده‌ای از عملکردهای مفید مانند تنظیم سیستم ایمنی مخاطی، تولید درجا داروهای درمانی، متابولیسم مواد مغذی/سم یا حتی عمل به عنوان تشخیص زنده را ارائه می‌دهند. برخلاف سایر روش‌های درمانی (مانند مولکول‌های کوچک، داروهای بیولوژیک، ژن‌درمانی‌ها)، LBPها زنده، در حال رشد و به صورت پویا با میزبان خود در تعامل هستند. به همین ترتیب، طراحی LBPها چالش‌های منحصر به فردی مانند بقای مورد نیاز آنها در میزبان، تعاملات بالقوه آنها با سیستم ایمنی میزبان و رقابت نزدیک آنها با اعضای موجود میکروبیوم روده را به همراه دارد. این چالش‌ها ناشی از فیزیولوژی منحصر به فرد روده و نیاز LBPها به پیمایش و تعامل هم افزایی با میزبان است (شکل زیر).[۲۲۴]



شکل (۴۸-۴) چالش های پیش رو بعد از مصرف LBPها [۲۲۴]

سویه‌های خاص مورد استفاده در LBPs برای عملکرد آنها حیاتی هستند و بر اساس جنس، گونه و نام سویه خاص شناسایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

می‌شوند. این سویه‌ها عمدتاً باکتری هستند اما مخمرها نیز قابل استفاده می‌باشد. سویه‌های باکتری مورد استفاده به شرح زیر است:

۱. *Lactobacillus* species: این جنس (که اخیراً به چندین جنس از جمله لاکتازیباسیلوس، لاکتیپلانتی‌باسیلوس و غیره طبقه‌بندی شده است) به دلیل توانایی‌اش در تولید اسید لاکتیک، که رشد پاتوژن را مهار می‌کند، سیستم ایمنی را تعدیل می‌کند و سد روده را تقویت می‌کند، به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. سویه‌های رایج عبارتند از:
   a. *L. rhamnosus GG*: در مطالعات برای انواع شرایط، از جمله جلوگیری از اسهال مرتبط با آنتی‌بیوتیک و کاهش آسیب ریوی مرتبط با ویروس استفاده می‌شود.
   b. *L. crispatus* CTV-05 (LACTIN-V): در آزمایشات بالینی برای جلوگیری از واژینوز باکتریایی مکرر با بازیابی فلور طبیعی واژن مورد بررسی قرار گرفته است.
   c. *L. acidophilus*: یکی از ساکنان رایج روده و واژن انسان است که در فرمولاسیون‌های مختلف استفاده می‌شود.
۲. *Bifidobacterium* species: این گونه‌ها ساکنان اصلی روده پستانداران هستند و به دلیل اثرات مفیدشان بر سلامت روده و تعدیل ایمنی شناخته شده‌اند. گونه‌های رایج عبارتند از:
   a. *B. longum*: برای طیف وسیعی از بیماری‌ها از اختلالات دستگاه گوارش گرفته تا تومورهای جامد (به شکل‌های مهندسی شده) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.
   b. *B. animalis* subsp. *lactis*: برای درمان یبوست عملکردی و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های تنفسی فوقانی استفاده می‌شود.
۳. *Escherichia coli* Nissle 1917 (EcN): این گونه خاص غیر بیماری‌زا به دلیل خواص ضد التهابی خود در اروپا و کانادا برای بیماری‌هایی مانند بیماری التهابی روده (IBD) استفاده می‌شود. همچنین یک "میزبان" محبوب برای مهندسی ژنتیک در توسعه جدید LBP است.
۴. *Clostridium* species/ تشکیل‌دهنده‌های هاگ: سویه‌های خاص کلستریدیوم یا جوامع هاگ خالص‌شده در درمان عفونت کلستریدیوم دیفیسیل[1] (CDI) برای بازگرداندن تعادل میکروبی روده استفاده می‌شوند. Rebyota و Vowst، محصولات مورد تأیید FDA برای rCDI، حاوی کنسرسیومی از میکروارگانیسم‌های مختلف، از جمله گونه‌های Firmicutes و Bacteroidetes، مشتق شده از اهداکنندگان سالم هستند.

مخمر و سایر میکروارگانیسم‌هایی که استفاده می‌شوند به شرح زیر هستند:

۱. *Saccharomyces boulardii*: مخمری که برای درمان انواع مختلف اسهال، از جمله اسهال مرتبط با آنتی‌بیوتیک و اسهال مسافرتی استفاده می‌شود.
۲. *Mycobacterium bovis* (BCG): یک باکتری ضعیف‌شده که توسط FDA به عنوان LBP برای سرطان مثانه غیرتهاجمی تأیید شده است و از طریق فعال‌سازی سیستم ایمنی عمل می‌کند.
۳. *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica*: نسخه‌های ضعیف‌شده یا مهندسی‌شده این باکتری‌های

[1] C. difficile infection (CDI)

https://heiatelmi.ir

بیماری‌زا نیز به دلیل توانایی‌شان در هدف قرار دادن تومورها و تحریک سیستم ایمنی، در درمان‌های سرطان مورد بررسی قرار می‌گیرند.

بیوتراپی‌های زنده (LBPs) کاربردهای گسترده و تأثیرگذاری در زمینه‌های مختلف، از جمله سلامت، صنعت، کشاورزی و خوراک دام دارند

کاربرد در سلامت

در بخش سلامت، بیوتراپی‌های زنده در درجه اول به عنوان یک دسته جدید از پروبیوتیک‌ها یا درمان‌های مبتنی بر میکروبیوم مورد مطالعه و توسعه قرار می‌گیرند. این درمان‌ها میکروارگانیسم‌های زنده، از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها را برای بازیابی یا بهبود تعادل میکروبیوم انسان مهار می‌کنند. کاربردهای آنها عبارتند از:

- سلامت روده: LBPها با بازیابی تعادل میکروبی به مدیریت و درمان بیماری‌هایی مانند سندرم روده تحریک‌پذیر (IBS)، بیماری التهابی روده (IBD) و سایر اختلالات دستگاه گوارش کمک می‌کنند.
- مدولاسیون سیستم ایمنی: LBPها برای تأثیرگذاری بر سیستم ایمنی استفاده می‌شوند و به طور بالقوه بیماری‌های خودایمنی، آلرژی‌ها یا حتی سرطان را با تغییر پاسخ ایمنی بدن درمان می‌کنند.
- اختلالات متابولیک: پتانسیل آنها برای درمان بیماری‌های متابولیک مانند چاقی، دیابت و سندرم متابولیک با بهبود ترکیب میکروبیوتای روده و در نتیجه تأثیر بر هضم و متابولیسم، در حال بررسی است.
- سلامت روان: تحقیقات نوظهور نشان می‌دهد که میکروبیوم روده در بیماری‌های سلامت روان مانند اضطراب، افسردگی و اوتیسم نقش دارد و LBPها را به عوامل درمانی بالقوه برای این اختلالات تبدیل می‌کند.

کاربرد در کشاورزی

در کشاورزی، LBPها برای بهبود عملکرد محصول، حفظ سلامت گیاه و افزایش حاصلخیزی خاک استفاده می‌شوند. کاربردهای بالقوه عبارتند از:

- تقویت رشد گیاه: LBPها می‌توانند به عنوان کودهای زیستی استفاده شوند و با بهبود دسترسی به مواد مغذی در خاک و افزایش سلامت ریشه به رشد گیاهان کمک کنند. این ارگانیسم‌ها همچنین می‌توانند مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفات گیاهی را افزایش دهند و نیاز به آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش دهند.
- سلامت خاک: LBPها می‌توانند تنوع میکروبی خاک را افزایش دهند، سلامت خاک و توانایی آن در حفظ آب و مواد مغذی را بهبود بخشند. این امر برای حفظ شیوه‌های کشاورزی پایدار و جلوگیری از تخریب خاک بسیار مهم است.
- مقاومت در برابر بیماری: LBPها می‌توانند برای توسعه آفت‌کش‌های بیولوژیکی یا قارچ‌کش‌های زیستی استفاده شوند که نیاز به مواد شیمیایی مصنوعی را کاهش می‌دهند و رویکردی پایدارتر و سازگارتر با محیط زیست را برای حفاظت از محصولات ترویج می‌دهند.

کاربرد در خوراک دام

در صنعت خوراک دام، درمان‌های زیستی زنده پتانسیل قابل توجهی برای بهبود سلامت و بهره‌وری حیوانات دارند. نقش‌های آنها عبارتند از:

- پروبیوتیک‌های حیوانی: LBPها در خوراک دام برای تقویت میکروبیوتای سالم روده استفاده می‌شوند که هضم و جذب مواد مغذی را بهبود می‌بخشد. این امر منجر به نرخ رشد بهتر، بهبود تبدیل خوراک و سلامت کلی حیوانات

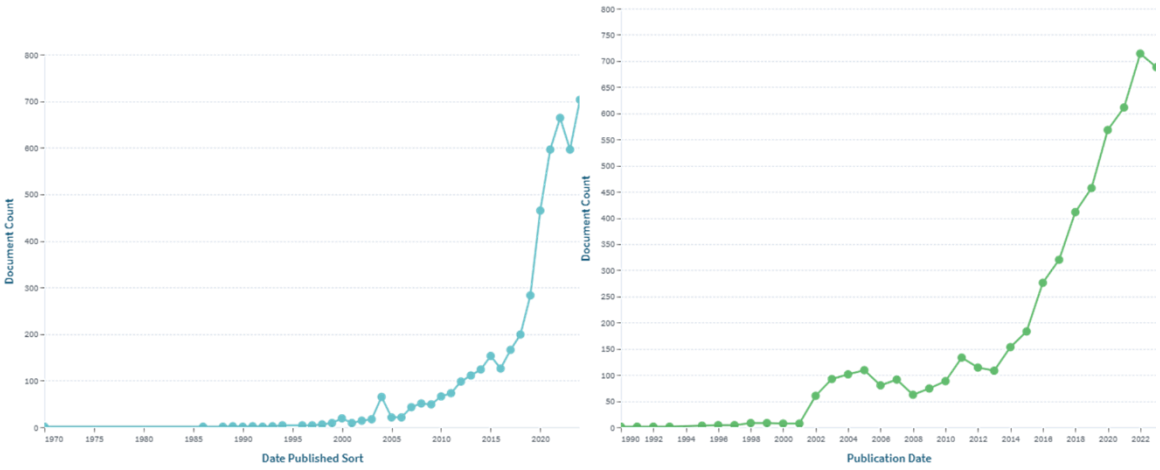
وب سایت هیات علمی

می‌شود.

- پیشگیری از بیماری: LBPها در خوراک دام می‌توانند به پیشگیری یا مدیریت بیماری‌های روده‌ای مانند کلی‌باسیلوز و کوکسیدیوز در طیور و دام کمک کنند. با افزایش میکروبیوم روده، LBPها می‌توانند نیاز به آنتی‌بیوتیک‌ها را کاهش دهند که به مبارزه با مقاومت آنتی‌بیوتیکی کمک می‌کند.
- عملکرد دام: در گاوهای شیری، LBPها برای افزایش تولید و کیفیت شیر استفاده می‌شوند. به طور مشابه، در آبزی‌پروری، LBPها به دلیل پتانسیلشان در بهبود سلامت و رشد ماهی‌ها و سایر موجودات آبزی مورد مطالعه قرار می‌گیرند.
- جایگزین‌های پایدار خوراک دام: LBPها برای جایگزینی مواد خوراکی سنتی و پرمصرف مانند پودر ماهی و سویا با جایگزین‌های پایدارتری که اثرات زیست‌محیطی دامداری و آبزی‌پروری را کاهش می‌دهند، توسعه داده می‌شوند.

به طور خلاصه، زیست‌درمانی‌های زنده پتانسیل تحول‌آفرینی در این بخش‌ها دارند، نتایج سلامت را بهبود می‌بخشند، پایداری را در فرآیندهای صنعتی افزایش می‌دهند، بهره‌وری کشاورزی را افزایش می‌دهند و دامداری را کارآمدتر و سازگارتر با محیط زیست می‌کنند. استفاده روزافزون از آنها نویدبخش نوآوری‌هایی است که می‌تواند اثرات مثبت طولانی‌مدتی در صنایع مختلف داشته باشد.

شکل زیر تعداد پتنت‌ها و مقالات مربوط به Live biotherapeutic را نمایش می‌دهد.



شکل (۴۹-۴) تعداد (راست، سبز رنگ) پتنت‌ها و (چپ، آبی رنگ) مقالات مربوط به Live biotherapeutic

اندازه بازار درمان‌های زیستی/میکروبیوم زنده در سال ۲۰۲۴، ۷۳.۲۵ میلیارد دلار آمریکا تخمین زده شده است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۴ با نرخ رشد مرکب سالانه ۷.۰۴ درصد در دوره پیش‌بینی ۲۰۲۵-۲۰۳۴ به ۱۴۲.۸۱ میلیارد دلار آمریکا برسد. در طول دوره پیش‌بینی، پیش‌بینی می‌شود که رشد بازار با افزایش تلاش‌های تحقیق و توسعه و همچنین گسترش درمان‌های هدفمند میکروبیوم که پیش‌بینی می‌شود طیف وسیعی از بیماری‌های جدی را درمان کنند، هدایت شود. توسعه داروهای جدید و فعالیت‌های کارآزمایی بالینی برای درمان بیماری‌ها با نوآوری‌های مداوم و پیشرفت‌های فناوری پشتیبانی می‌شود[۲۲۴].

در سال ۲۰۱۹، شرکت داروسازی 4D pharma با شرکت MSD برای تحقیق و توسعه Live Biotherapeutics برای واکسن‌ها همکاری کرد. پلتفرم اختصاصی میکروآرکس (MicroRx®) شرکت 4D pharma با تخصص شرکت MSD در توسعه و تجاری‌سازی واکسن‌های جدید ترکیب خواهد شد. در سال ۲۰۲۰ بیش از ۶۴۰ اختراع ثبت شده با تمرکز بر درمان‌های

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

میکروبیوم تأیید شده است[۲۲۴].

بازار محصولات زیست‌درمانی زنده به دو بخش تقسیم می‌شود:

۱. بر اساس محصول که شامل VOWST (SER-109)، REBYOTA، Visbiome و سایر محصولات خط تولید می‌شود.

۲. در حالی که بر اساس کاربرد بیماری هدف، این تقسیم‌بندی شامل عفونت کلستریدیوم دیفیسیل[1]، مدیریت رژیم غذایی عدم تعادل میکروبی و سایر موارد مصرف است[۲۲۴].

از نظر منطقه‌ای، پیش‌بینی می‌شود آمریکای شمالی در دوره پیش‌بینی به دلیل افزایش تقاضا و تأثیر قابل توجه کووید-۱۹، رشد سریعی را تجربه کند. شرکت های اصلی جهان در زمینه LB ها به شرح زیر هستند[۲۲۴]:

- 4D Pharma
- Adiso Therapeutics
- Alveolus Bio Inc
- AOBiome Therapeutics, Inc.
- Assembly Biosciences
- Azitra
- Biomica
- Destiny Pharma
- Destiny Pharma plc
- EnteroBiotix Limited
- Finch Therapeutics
- Infant Bacterial Therapeutics AB
- MaaT Pharma
- Microbiotica
- OSEL INC.
- OxThera
- Scioto Biosciences, Inc.
- Second Genome
- Seres Therapeutics
- Servatus Limited
- Siolta Therapeutics
- Vedanta Biosciences
- YSOPIA Bioscience

۶-۴- جمع بندی نهایی

جدول زیر ترندهای بررسی شده در این گزارش را از سه منظر روند بلوغ فناوری، روند پتنت ها ،روند مقالات علمی، شرکت های جهانی و وضعیت ایران بیان میکند. برای بلوغ فناوری از سه رتبه رو به رشد، بالغ، در حال کاهش استفاده شده است. برای مقالات و پتنت ها روند ها به صورت نزولی، روند ثابت، روند صعودی، روند خیلی صعودی بیان شده است. برای شرکت ها از رتبه بندی ورود شرکت های بزرگ، تثبیت شرکت های بزرگ (نشان دهنده تثبیت فناوری و تولید تجاری در مقیاس بالای

[1] C. Difficile Infection

https://heiatelmi.ir

توسـط شـرکت های بزرگ جهانی اسـت و اغلب فضـایی برای نواوری وجود ندارد زیرا این شـرکت ها عموما فناوری را به بلوغ رسـانده و تثبیت کرده اند.)، رشـد شـرکت های کوچک و نوپا، رشـد اسـتارت اپ ها اسـتفاده شـده اسـت. ببرای وضـعیت ایران از بیان بازار کشور (بازار بالفعل دارای ظرفیت خالی، پتانسیل بالقوه بالا،) استفاده شده است.

وب سایت هیات علمی

جدول (۸-۴) نظر نگارنده نگارش در زمینه کلیدواژه های معرفی شده

ردیف	کلیدواژه اصلی	کلیدواژه های مرتبط	چرخه عمر فناوری	روند پتنت	روند مقالات علمی	شرکت های جهانی	پتانسیل بازار کشور	تولید در کشور
۱	Anearobic Fermention		بالغ	تثبیت شده	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	محدود
۲		Biohydrogen	بالغ	صعودی	صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	ندارد
۳		Biogas	بالغ	نزولی	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	محدود
۴		Dark fermentation	در حال رشد	نزولی	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	محدود
۵		Chain elongation	در حال رشد	صعودی	تثبیت	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	ندارد
۶	Pullatant Bioremidiation		در حال رشد	تثبیت	تثبیت	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	محدود
۷		Biofilteration	در حال رشد	نزولی	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۸		Microbial Electrochemical Technology (MET)	در حال رشد	صعودی ملایم	صعودی ملایم	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	کم	ندارد
۹		Soil Bioremidiation	در حال رشد	تثبیت	تثبیت	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط رو به بالا	محدود
۱۰		Solid-waste management	در حال رشد	صعودی	صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	بسیار محدود
۱۱	Net-zero greenhouse gas (GHG) emissions		در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	محدود

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۲		Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)	در حال رشد	بسیار صعودی	صعودی ملایم	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	محدود
۱۳		Biological N_2 Fixation (BNF) Enhancement	بالغ	تثبیت	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط رو به بالا	ندارد
۱۴		Methanification	بالغ	تثبیت	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	بسیار محدود
۱۵	Sustainable Waste Water Treatment (WWT)		بالغ	تثبیت	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	بسیار محدود
۱۶		Microalgae	در حال رشد	صعودی ملایم	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	متوسط رو به پایین	دارد
۱۷		advanced Oxidising Processes (AOP)	در حال رشد	صعودی ملایم	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط رو به بالا	ندارد
۱۸		Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor	بالغ	تثبیت	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	ندارد
۱۹		Lysis Cryptic Growth	در حال رشد	صعودی	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی	متوسط رو به بالا	ندارد
۲۰	Biorefinery		در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بسیار بالا	بسیار محدود
۲۱		Nutrient recovery	در حال رشد	صعودی	نزلی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	بسیار محدود
۲۲		Biomass storage	در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	بسیار محدود
۲۳		Lignin valorization	در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ	متوسط رو به بالا	ندارد
۲۴	Biobased chemicals		در حال رشد	صعودی	صعودی	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	بسیار محدود
۲۵		Platform chemicals	تثبیت	صعودی ملایم	تثبیت	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	ندارد

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۲۶		Circular bioeconomy	در حال رشد	صعودی	صعودی	ورود شرکت های بزرگ	بالا	ندارد
۲۷	Bioenergy		در حال رشد	تثبیت	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	محدود
۲۸		Liquid Biofule	در حال رشد یا بالغ (بسته به سوخت)	صعودی ملایم	صعودی ملایم	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بالا	محدود
۲۹		Drop-in biofuel	در حال رشد	تثبیت	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بالا	ندارد
۳۰		Sustainable aviation fuel (SAF)	در حال رشد	بسیار صعودی	بسیار صعودی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۳۱		Renewable Diesel	در حال رشد	صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بالا	بسیار محدود
۳۲		Co-Processing	در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۳۳		Second generation bio-fuel	در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	بسیار محدود
		Hydrotreated vegetable oil (HVO)	در حال رشد	صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بالا	ندارد
۳۴	Marine Biorefinery		در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بسیار بالا	بسیار محدود
۳۵		Fish-based biorefinery	در حال رشد	صعودی	صعودی	تثبیت شرکت های بزرگ	بسیار بالا	بسیار محدود
۳۶		Marine biomass	در حال رشد	صعودی	صعودی	تثبیت شرکت های بزرگ	بسیار بالا	بسیار محدود
۳۷	Sustainable Agriculture		بالغ	صعودی ملایم	تثبیت	تثبیت شرکت های بزرگ	بسیار بالا	بسیار محدود
۳۸		Biopesticides	در حال رشد	بسیار صعودی	بسیار صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	بسیار محدود
۳۹		Biostimulnt	بدر حال رشد	بسیار صعودی	بسیار صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	بسیار محدود

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۴۰			در حال رشد/ بالغ	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بالا	ندارد
۴۱	Thermochemical proces	Pyrolyze	بالغ	بسیار صعودی	بسیار صعودی	تثبیت شرکت های بزرگ جهانی	بالا	ندارد
۴۲		Biochar	در حال رشد	بسیار صعودی	بسیار صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	بسیار محدود
۴۳		Gasification	در حال رشد	صعودی ملایم	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	بالا	ندارد
۴۴		Fischer-Tropsch (FT)	بالغ	تثبیت	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	متوسط	ندارد
۴۵		Hydrothermal Liquefaction (HTL)	در حال رشد	صعودی ملایم	نزولی	تثبیت شرکت های بزرگ	متوسط	ندارد
۴۶	Value-added biogenic compunds	-	در حال رشد	صعودی	نزولی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط	ندارد
۴۷	Non-medical plant extract	-	بالغ	صعودی	صعودی	ورود شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط	ندارد
۴۸	Alternative fats & oils		در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط رو به بالا	ندارد
۴۹		Single Cell Oil (SCO)	در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط رو به بالا	ندارد
۵۰	Biotransformation		در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی/ پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط	ندارد
۵۱		Enzyme immobilization	در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۵۲		Resting cell bioreactor	در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۵۳		Cascade enzymatic reaction	در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۵۴	Bioplastic		در حال رشد	بسیار صعودی	صعودی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط	بسیار محدود

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۵۵		PolyHydroxyAlkanoates (PHA)	در حال رشد	بسیار صعودی	صعودی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	متوسط	ندارد
۵۶	Biofilm	-	در حال رشد	بسیار صعودی	بسیار صعودی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط	ندارد
۵۷	Bioprocess eng/design	-	بالغ	بسیار صعودی	صعودی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	بسیار محدود
۵۸	Bioprocess CDMO		در حال رشد	صعودی-	صعودی -	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	ندارد
۵۹		Single-use bioprocessing & assemblie	در حال رشد	صعودی	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	ندارد
۶۰		Process intensification	در حال رشد	تثبیت	نزولی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	ندارد
۶۱	Continuous fermentation	-	در حال رشد	تثبیت	نزولی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	ندارد
۶۲	Continuous chromatographic separation		در حال رشد	صعودی	تثبیت	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	محدود
۶۳		Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)	بالغ	صعودی ملایم	نزولی	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	محدود
۶۴		Supercritical Fluid Chromatography (SFC)	در حال رشد	صعودی ملایم	صعودی ملایم	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بسیار بالا	محدود
۶۵	De Novo Protein Synthesis		در حال رشد	صعودی	نزولی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	بسیار محدود
۶۶		Mycellium microbial protein	در حال رشد	صعودی	صعودی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بسیار بالا	ندارد
۶۷		RUBISCO	در حال رشد	تثبیت	نزولی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	بالا	ندارد
۶۸	Gas fermentation		در حال رشد	بسیار صعودی	نزولی	ورود شرکت های بزرگ جهانی	بسیار بالا	ندارد

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۶۹	Live biotherapeutic	-	در حال رشد	صعودی ملایم	نزولی	پتانسیل ورود شرکت ها و استارت اپ های نوپا	متوسط رو به پایین	ندارد
۷۰	Percision fermentation	-	در حال رشد	تثبیت	تبیت	تثبیت شرکت ها بزرگ جهانی	بالا	ندارد

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۵:

مراجع

نسخه نهایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

مراجع

1. ترخیص نخ و سوزن بخیه (جراحی) از گمرک. Available from: https://clearance-iran.com/clearance-of-thread-and-suture-needle/.
2. پیدا و پنهان تولید نخ جراحی/ واردات یا مونتاژ؛ کدام به صرفه است. Available from: mehrnews.om/x33gNf.
3. تولید استارترها و پروبیوتیک‌های غذایی. Available from: https://abrii.c.ir/achievement/%D8%AA%D9%88%D9%84%DB%8C%D8%AF-%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D8%B1%D8%AA%D8%B1%D9%87%D8%A7-%D9%88-%D9%BE%D8%B1%D9%88%D8%A8%DB%8C%D9%88%D8%AA%DB%8C%DA%A9-%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%BA%D8%B0%D8%A7%DB%8C%DB%8C.
4. ایران ۴۰ میلیون دلار واردات استارترهای لبنی را قطع کرد. Available from: https://www.ribnews.ir/00NFk2.
5. تولید استارترهای لبنی در شرکت زیست تخمیر. Available from: https://www.aroovasalamat.ir/news/32085/%D8%AA%D9%88%D9%84%DB%8C%D8%AF-%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D8%B1%D8%AA%D8%B1%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D9%84%D8%A8%D9%86%DB%8C-%D8%B4%D8%B1%DA%A9%D8%AA-%D8%B2%DB%8C%D8%B3%D8%AA-%D8%AA%D8%AE%D9%85%DB%8C%D8%B1.
6. نیاز سالانه کشور به نهاده‌های دامی حدود ۲۰ میلیون تن است. Available from: https://www.oodna.com/fa/newsagency/119061/%D9%86%DB%8C%D8%A7%D8%B2-%D8%B3%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%86%D9%87-%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1-%D8%A8%D9%87-%D9%86%D9%87%D8%A7%D8%AF%D9%87-%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%AF%D8%A7%D9%85%DB%8C-%D8%AD%D8%AF%D9%88%D8%AF-%DB%B2%DB%B0-%D9%85%DB%8C%D9%84%DB%8C%D9%88%D9%86-%D8%AA%D9%86-%D8%A7%D8%B3%D8%AA#:~:text=%D8%A7%D9%88%20%D8%A7%D9%81%D8%B2%D9%88%D8%AF%3A%20%D9%86%DB%8C%D8%A7%D8%B2%20%D8%B3%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%86%D9%87%20%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1,%D8%A2%D9%86%20%D8%A7%D9%81%D8%B2%D8%A7%DB%8C%D8%B4%20%D8%AC%D9%85%D8%B9%DB%8C%D8%AA%20%D8%AF%D8%A7%D9%85%DB%8C%20%D8%A8%DB%8C%D8%B4%D8%AA%D8%B1.
7. معرفی صنعت پروبیوتیک‌ها. Available from: https://ispff.r/content/120/%D9%85%D8%B9%D8%B1%D9%81%DB%8C-%D8%B5%D9%86%D8%A7%DB%8C%D8%B9-%D9%BE%D8%B1%D9%88%D8%A8%DB%8C%D9%88%D8%AA%DB%8C%DA%A9.
8. Yadvika, S., et al., *Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques – A review.* Bioresource Technology, 2004. **95**(1): p. 1-10.
9. Singh, S. and R. Bansal, *Biohydrogen production: Prospects and challenges.* Biotechnology for Biofuels, 2016. **9**(1): p. 1-19.
10. Li, Y. and C. He, *Anaerobic digestion in biotechnology: Principles and applications.* Environmental Technology, 2020. **40**(11): p. 1411-1425.
11. Kumar, S. and R. Bansal, *Biohydrogen: Production and applications.* Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 2019. **13**(3): p. 531-547.
12. Hallenbeck, P.C. and A. Ghosh, *Biogas production through anaerobic digestion of organic wastes: State of the art.* Environmental Biotechnology, 2016. **42**(4): p. 255-271.
13. Biebl, H. and G. Fuchs, *Anaerobic fermentation: microbial processes and industrial applications*. 2002: Springer.
14. *Critical Challenges in Biohydrogen Production Processes from Organic Feedstocks*. Available from: https://www.linkedin.com/pulse/critical-challenges-biohydrogen-production-processes-utkarsh-zdimc/.
15. Rey, J., F. Segura, and J.M. Andújar, *Green Hydrogen: Resources Consumption, Technological Maturity, and Regulatory Framework.* Energies, 2023. **16**(17): p. 6222.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

16. *Microbial Fermentation Technology Market (2023 - 2030)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/microbial-fermentation-technology-market-report.
17. *Global Bio Hydrogen Market Research Report: Forecast (2023-2028)*. Available from: https://www.marknteladvisors.com/research-library/global-bio-hydrogen-market.html.
18. *Globak biohydrogen market size and forecast*. Available from: https://www.coherentmarketinsights.com/industry-reports/bio-hydrogen-market.
19. *Biogas Market Set to Grow at a Promising CAGR of 8.1% from 2024 to 2034, Reaching USD 93,679.9 Million | Future Market Insights, Inc.*; Available from: https://www.globenewswire.com/news-release/2024/11/27/2988358/0/en/Biogas-Market-Set-to-Grow-at-a-Promising-CAGR-of-8-1-from-2024-to-2034-Reaching-USD-93-679-9-Million-Future-Market-Insights-Inc.html?utm_source=chatgpt.com.
20. *Biogas Market Size and Forecast 2025 to 2034*. Available from: https://www.precedenceresearch.com/biogas-market?utm_source=chatgpt.com.
21. *volatile fatty acid market report and trends*. Available from: https://www.lucintel.com/volatile-fatty-acid-market.aspx?
22. *Bioremediation market size*. Available from: https://dimensionmarketresearch.com/report/bioremediation-market/.
23. *Bioremediation Market Size & Share Analysis - Growth Trends and Forecast (2025 - 2030)*. Available from: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bioremediation-market.
24. *Bioremediation Market (2025 - 2030)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bioremediation-market-report.
25. *Global Bioremediation Market*. Available from: https://market.us/report/bioremediation-market/.
26. *Power-to-Gas Market (2024 - 2030)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/power-to-gas-market-report.
27. *Global Nitrogen-Fixing Biofertilizers Market – Industry Trends and Forecast to 2028*. Available from: https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-nitrogen-fixing-biofertilizers-market#:~:text=The%20global%20nitrogen%2Dfixing%20biofertilizers%20market%20is%20expected,advanced%20farming%20with%20drip%20irrigation%20and%20sprinklers.
28. *Biological Nitrogen Fixation - Global Market Share and Ranking, Overall Sales and Demand Forecast 2025-2031*. Available from: https://www.qyresearch.com/reports/5047695/biological-nitrogen-fixation.
29. *Nitrogen Fixation - Agricultural Biologicals Market Statistics*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/horizon/statistics/agricultural-biologicals-market/biofertilizers/nitrogen-fixation/global#:~:text=The%20global%20nitrogen%20fixation%20agricultural%20biologicals%20market,(CAGR)%20of%208.8%25%20from%202024%20to%202030.
30. *Carbon Capture, Utilization, and Storage Market to Reach US$8.04 Billion in 2030, Yet Growth Still Limited by High Costs and Long Lead Times*. Available from: https://www.abiresearch.com/press/carbon-capture-utilization-and-storage-market-to-reach-us804-billion-in-2030-yet-growth-still-limited-by-high-costs-and-long-lead-times#:~:text=Carbon%20Capture%2C%20Utilization%2C%20and%20Storage%20(CCUS)%20technologies%20involve,lead%20throughout%20the%20forecast%20period.
31. *Global Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) Market*. Available from: https://aws.amazon.com/marketplace/pp/prodview-dehhb3yvc6hx6#overview.
32. Senadheera, U.E., et al. *Up-Flow Anaerobic Sludge Bed Reactors for Sustainable Wastewater Management: Challenges, Innovations, and Future Directions*. Water, 2025. **17**, DOI: 10.3390/w17040476.
33. Deng, Y. and R. Zhao, *Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment.* Current Pollution Reports, 2015. **1**(3): p. 167-176.
34. Oturan, M. and J.-J. Aaron, *Advanced Oxidation Processes in Water/Wastewater Treatment: Principles and Applications. A Review.* Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2014. **44**.
35. Satyam, S. and S. Patra *The Evolving Landscape of Advanced Oxidation Processes in Wastewater Treatment: Challenges and Recent Innovations*. Processes, 2025. **13**, DOI: 10.3390/pr13040987.
36. *Advanced Oxidation Processes*. Available from: https://www.membranechemicals.com/water-treatment/advanced-oxidation-plants/#:~:text=Advanced%20oxidation%20processes%20(abbreviation%3A%20AOPs,hydroxyl%20radicals%20(%C2%B7OH).
37. Anijiofor-Ike, C., et al., *Aerobic and Anaerobic Sewage Biodegradable Processes: The Gap Analysis.* International Journal of Research in Environmental Science, 2017. **3**: p. 9-19.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

38. de Almeida, R. and C. de Souza Guimarães, *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket Reactors in Dye Removal: Mechanisms, Influence Factors, and Performance*, in *Biological Approaches in Dye-Containing Wastewater: Volume 1*, A. Khadir and S.S. Muthu, Editors. 2022, Springer Singapore: Singapore. p. 201-227.
39. Zhang, X. and et al., *Lysis Cryptic Growth in Wastewater Treatment Systems: A Review.* Water Research, 2016. **95**: p. 105-112.
40. Weiss, M. and et al., *Cryptic Growth in Microbial Communities: The Role of Nutrient Recycling.* Journal of Environmental Microbiology, 2008. **60**(9): p. 2456-2461.
41. Sarantakos, S. and et al., *Cryptic Growth: A Mechanism for Nutrient Recycling in Wastewater Treatment Plants.* Environmental Biotechnology Journal, 2010. **14**(4): p. 432-440.
42. Mata-Alvarez, J. and et al., *Biological Wastewater Treatment: Process and Impact of Cryptic Growth.* Waste Management, 2014. **34**(6): p. 891-899.
43. Brophy, J. and E. Smith, *Lysis Cryptic Growth and Its Implications for Environmental Microbial Populations.* Microbial Ecology Review, 2012. **15**(2): p. 101-108.
44. *Advanced Oxidation Processes (AOP) market size*. Available from: **https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/advanced-oxidation-technologies-market-5821**.
45. *Advanced Oxidation Processes Market Research Report 2033*. Available from: **https://marketintelo.com/report/advanced-oxidation-processes-market**.
46. Zhang, Y. and X. Zhang, *Advancements in Biorefinery Technologies: A Review.* Biochemical Engineering Journal, 2013. **73**: p. 85-94.
47. Stahel, W.R., *The Circular Economy: A User's Guide*. 2016: Springer.
48. Sims, R.E.H. and et al., *Biorefineries: A comprehensive approach to the sustainable production of biofuels, chemicals, and energy.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010. **14**(1): p. 243-251.
49. Patt, J. and M. Hall, *The Role of Biorefining in Global Sustainability.* Environmental Science & Technology, 2012. **46**(1): p. 35-42.
50. Nrel, *Integrated Biorefinery: Scaling Sustainable Biofuel Production.* U.S. Department of Energy, 2018.
51. Nrel, *Biorefinery: Concepts, Challenges, and Opportunities.* U.S. Department of Energy, 2017.
52. Lange, J.P. and et al., *Biorefineries: A New Approach for Sustainable and Integrated Biomass Processing.* ChemSusChem, 2012. **5**(3): p. 561-577.
53. Demirbas, A., *Biorefineries: Current activities and future developments.* Energy Conversion and Management, 2009. **50**(8): p. 1518-1529.
54. Börjesson, P. and L.M. Tufvesson, *Biorefineries – A Solution to Climate Change?* Environmental Science & Policy, 2011. **14**(4): p. 408-417.
55. Bauen, A. and et al., *The Role of Biorefineries in the Future of Energy and Chemicals.* Biofuels, 2017. **8**(4): p. 537-549.
56. Duan, Y., et al., *Sustainable biorefinery approaches towards circular economy for conversion of biowaste to value added materials and future perspectives.* Fuel, 2022. **325**: p. 124846.
57. Ubando, A.T., C.B. Felix, and W.-H. Chen, *Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review.* Bioresource Technology, 2020. **299**: p. 122585.
58. Schindler, D.W., *Recent advances in the understanding and management of eutrophication.* Limnology and Oceanography, 2006. **51**(1): p. 19-23.
59. U.S, E.P.A., *Nutrient pollution: The problem*. 2016.
60. Lassaletta, L. and et al., *The role of nitrogen in agricultural intensification and the subsequent impacts on the environment.* Environmental Science & Technology, 2014. **48**(1): p. 56-64.
61. *Global biorefinery status report 2022*. Available from: **https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/09/IEA-Bioenergy-Task-42-Global-biorefinery-status-report-2022-220712.pdf**.
62. Wu, Y. and et al., *Biological nutrient removal technologies for municipal wastewater treatment.* Environmental Pollution, 2012. **169**: p. 1-8.
63. Babu, A.R. and et al., *Struvite precipitation for phosphorus recovery from wastewater: An overview.* Environmental Science and Pollution Research, 2016. **23**(1): p. 1-10.
64. Hughes, K. and et al., *Membrane filtration for wastewater nutrient recovery.* Water Science & Technology, 2013. **68**(9): p. 2051-2060.
65. Vaneeckhaute, C. and et al., *Nutrient recovery from anaerobic digestate.* Bioresource Technology, 2017. **245**: p. 947-957.
66. Lee, Y. and et al., *Algae-based systems for nutrient recovery from wastewater.* Biotechnology Advances, 2013. **31**(5): p. 895-903.
67. Ellen MacArthur, F., *Towards the Circular Economy*. 2013: Report.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

68. Zhang, W. and et al., *Development of nutrient recovery systems in China.* Environmental Science & Technology, 2015. **49**(16): p. 9675-9683.
69. Patil, S. and et al., *Technological advances in nutrient recovery systems.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **51**: p. 503-513.
70. Stewart, R., *Advancements in Biomass Storage Technologies: A Global Perspective.* International Journal of Energy Studies, 2021. **22**(3): p. 144-156.
71. Xu, D. and Q. Zhang, *Anaerobic Fermentation and Sealing Technologies in Biomass Storage.* Journal of Renewable Energy, 2020. **28**(3): p. 129-141.
72. Peterson, H. and A. Dorman, *Biomass as Renewable Energy: Challenges and Opportunities.* Renewable Sources of Energy, 2020. **18**(4): p. 567-578.
73. Smith, D. and K. Patel, *Biomass Storage and Smart Grid Integration.* Energy Systems, 2020. **42**(3): p. 167-180.
74. Harris, L. and M. O'Connell, *Biomass Storage for Biofuel Production and Energy Storage.* International Bioenergy Review, 2021. **27**(4): p. 233-245.
75. Johnson, M., *Biomass Storage Solutions in the Modern Era.* Bioenergy Reviews, 2017. **38**(1): p. 56-70.
76. Singh, A. and P. Kumar, *Biomass Storage Technologies: Innovations and Future Prospects.* Journal of Renewable Energy Research, 2021. **18**(2): p. 56-67.
77. Smith, J., *Biomass: Energy Storage and Conversion.* Renewable Energy Journal, 2018. **45**(2): p. 320-332.
78. Hunter, D. and S. Foster, *Challenges in Biomass Storage for Biorefineries.* Journal of Renewable Energy Research, 2019. **16**(4): p. 88-101.
79. Peterson, K., *Densification of Biomass for Improved Storage and Transport.* Biofuels, 2019. **32**(5): p. 1489-1501.
80. Larkin, T. and J. Shapiro, *Global Biomass Storage Strategies: A Review.* Energy for Sustainable Development, 2018. **42**: p. 45-60.
81. Lee, T. and K. Yeung, *Innovative Silage Storage Methods for Biomass Preservation.* Agricultural Engineering Journal, 2017. **72**(2): p. 34-50.
82. Lee, B. and H. Tan, *Materials and Technologies for Biomass Storage Systems.* Energy Advances, 2020. **5**(3): p. 120-134.
83. Green, M. and T. Ross, *Minimizing Carbon Footprint in Biomass Storage Systems.* Environmental Impact Review, 2020. **28**(2): p. 45-55.
84. Collins, G. and H. Zheng, *Optimizing Biomass Storage in Biorefineries.* Renewable Biomass Technologies, 2017. **10**(3): p. 125-139.
85. Campbell, M. and F. Li, *Pelletization and Briquetting for Efficient Biomass Storage.* Energy and Sustainability, 2020. **11**(4): p. 72-88.
86. Garcia, P. and Y. Wang, *Real-Time Monitoring and Control in Biomass Storage Systems.* Biochemical Engineering, 2020. **29**(3): p. 211-227.
87. Miller, R. and A. Smith, *The Role of Sensor Technologies in Biomass Storage.* Smart Energy Storage, 2019. **11**(2): p. 98-110.
88. Thompson, J. and L. Mitchell, *Sustainability and Biomass Storage in Biorefineries.* Green Technologies Journal, 2020. **35**(1): p. 89-102.
89. Wang, Z. and Y. Liu, *Sustainable Biomass Production and Storage Technologies.* Biomass and Bioenergy, 2019. **129**: p. 103-114.
90. Karmakar, B. and et al., *Advances in Lignin Valorization for Biofuels and Biochemicals: Current Status and Future Prospects.* Biofuels, 2020. **11**(4): p. 431-444.
91. Sannigrahi, P. and et al., *Biochemical and Thermochemical Conversion of Lignin: Recent Progress and Future Perspectives.* Biomass Conversion and Biorefinery, 2021. **11**(1): p. 113-131.
92. Li, M. and et al., *Innovative Lignin Valorization: From Waste to High-Value Bio-based Products.* Energy & Environmental Science, 2018. **11**(4): p. 1050-1061.
93. Mikkonen, K. and et al., *Lignin as a Renewable Resource for the Production of Specialty Chemicals and Biopolymers.* Bioengineering, 2017. **4**(3): p. 52-63.
94. Ragauskas, A.J. and et al., *Lignin Valorization: Improving the Process to Produce Biofuels and Biochemicals.* Green Chemistry, 2014. **16**(11): p. 3302-3312.
95. Singh, A. and R. Kumar, *Lignin-based Bioproducts: Opportunities and Challenges in a Biorefinery Context.* Journal of Renewable Energy, 2019. **25**(2): p. 275-289.
96. *Sustainable Lignin Valorization*. Available from: **https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/Lignin-Webinar-De-Bari.pdf**.
97. *Bio-based Chemicals Market Size, Share & Industry Analysis, By Product Category (Platform Chemicals; Polymers for Plastics; Paints, Coatings, Inks & Dyes; Surfactants; Cosmetics & Personal Care; Adhesives; Man-made fibers, and Others), By Application (Industrial, Agricultural,*

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

Pharmaceutical, and Others) and Regional Forecast, 2024-2032. Available from: https://www.fortunebusinessinsights.com/bio-based-chemicals-market-106586.
98. *Global Bio-Based Platform Chemicals Market Size, Share, and Trends Analysis Report – Industry Overview and Forecast to 2032*. Available from: https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-bio-based-platform-chemicals-market.
99. *Circular Economy Market Size, Share, Trends, Growth 2034*. Available from: https://www.zionmarketresearch.com/report/circular-economy-market.
100. *Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy*. Available from: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/11/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf.
101. *Liquid biofuels: a pathway to sustainable energy*. Available from: https://st1.com/about-us/sustainability/energy-transition/liquid-biofuels.
102. *Liquid biofuel production by feedstock and technology in the Net Zero Scenario, 2021 and 2030*. Available from: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/liquid-biofuel-production-by-feedstock-and-technology-in-the-net-zero-scenario-2021-and-2030-2.
103. *How bioenergy contributes to a sustainable future*. Available from: https://www.ieabioenergyreview.org/wp-content/uploads/2022/12/IEA_BIOENERGY_REPORT.pdf.
104. *IEA Annual Report 2024*. Available from: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/06/IEA-Bioenergy-Annual-Report-2024.pdf.
105. *IEA Bioenergy: Countries' Report – update 2024*. Available from: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/01/CountriesReport2024_final.pdf.
106. *Potential synergies of drop-in biofuel production with further co-processing at oil refineries*. Available from: https://docs.nrel.gov/docs/fy19osti/73115.pdf.
107. *Reaching Zero with Renewables: Biojet fuels.*; Available from: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jul/IRENA_Reaching_Zero_Biojet_Fuels_2021.pdf.
108. *Co-processing: Making tomorrow's fuel with today's facilities*. Available from: https://corporate.exxonmobil.com/what-we-do/transforming-transportation/lower-emission-fuels/co-processing.
109. *Biofuels Statistics By Production, Consumption, Revenue And Volume*. Available from: https://electroiq.com/stats/biofuels-statistics/.
110. *Hong Kong, China, 21 October 2025 - Airbus and the Cathay Group have announced a joint investment of up to US$70 million to accelerate the development of sustainable aviation fuel (SAF) production in Asia and globally.* . Available from: https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2025-10-airbus-and-cathay-form-co-investment-partnership-for-scaling#:~:text=Hong%20Kong%2C%20China%2C%2021%20October,production%20in%20Asia%20and%20globally.
111. *Plug Power Partners with Edgewood Renewables to Build Best in Class Renewable Fuels Facility in Nevada*. Available from: https://www.ir.plugpower.com/press-releases/news-details/2025/Plug-Power-Partners-with-Edgewood-Renewables-to-Build-Best-in-Class-Renewable-Fuels-Facility-in-Nevada/default.aspx#:~:text=%E2%80%9CPartnering%20with%20Plug%20brings%20deep,into%20the%20renewable%20fuels%20market.%E2%80%9D.
112. *Sustainable Aviation Fuel Market Forecast 2026-2035: USD 1.98 billion to USD 234.59 billion Growth Analysis*. Available from: https://www.openpr.com/news/4240766/sustainable-aviation-fuel-market-forecast-2026-2035-usd-1-98#:~:text=Leading%20airlines%20are%20securing%20long,fuels%20into%20regular%20flight%20operations.
113. Nguyen, T., et al., *Marine biorefinery: an environmentally sustainable solution to turn marine biomass and processing wastes into value-added products and profits.* The Biochemist, 2022. **44**(2): p. 22-27.
114. Veríssimo, N.V., et al., *From green to blue economy: Marine biorefineries for a sustainable ocean-based economy.* Green Chemistry, 2021. **23**(23): p. 9377-9400.
115. Zayed, A., et al., *Adopting biorefinery and a circular bioeconomy for extracting and isolating natural products from marine algae.* Frontiers in Natural Products, 2024. **Volume 3 - 2024**.
116. *Marine Biofuel Market Outlook (2023 to 2033)*. Available from: https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/marine-biofuel-market.asp.
117. *Marine Biofuel Market Size Report, Share, Growth & Trends 2032*. Available from: https://www.zionmarketresearch.com/report/marine-biofuel-market.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

118. *Marine Biotechnology Market Size Report, 2024-2030 - IndustryARC*. Available from: https://www.industryarc.com/Report/16110/marine-biotechnology-market.html.
119. *Fishery By-products Market Size, Share & Trends Analysis* Available from: https://www.insightaceanalytic.com/report/fishery-by-products-market/3222.
120. *Top Companies in Fishery By-products Market*. Available from: https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/fishery-by-products-market.asp.
121. Ruzzi, M. and R. Aroca, *Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A tool for agriculture under stress conditions.* Agronomy, 2015.
122. Environmental Protection, A., *What are Biopesticides?*
123. Du Jardin, P., *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation.* Scientia Horticulturae, 2015.
124. Calvo, P., L. Nelson, and J.W. Kloepper, *The effect of seaweed extract-based biostimulants on early crop development and yield in two different cropping systems.* Journal of Applied Phycology, 2014.
125. *Biopesticides Market Size, Share & Industry Analysis*. Available from: https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/biopesticides-market-100073.
126. *biopesticide market size*. Available from: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopesticides-267.html.
127. *biostimulant market size*. Available from: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biostimulant-market-1081.html.
128. Yadav, A. and M. Sharma, *Sustainable Energy Solutions through Biomass Conversion: An Overview.* IJSTR, 2024.
129. *Thermochemical Processing Overview*. Available from: https://extension.umd.edu/resource/thermochemical-processing-overview/.
130. Wikipedia, *Pyrolysis.*
131. Waste Management, R., *The Vortair Circular Model: MSW to Carbon Black via Pyrolysis.* 2025.
132. Ellen MacArthur, F., *The Role of Biochar in the Circular Economy.* 2020.
133. Agroberichten, B., *Converting Cocoa Pod Husks into Biochar: A Sustainable Solution.* 2025.
134. Chemistry For, E., *Gasification Principles and Applications.* 2025.
135. Velocys, *Fischer-Tropsch Technology for Sustainable Aviation Fuel.* 2025.
136. Hydrocarbon, P., *E-Fuels: The Cutting Edge of Carbon-Neutral Fuel Production.* 2025.
137. Ijstr, *Hydrothermal Liquefaction: A Review of Process Conditions and Bio-crude Quality.* IJSTR, 2020.
138. Ouci, *Nutrient Recovery from Hydrothermal Liquefaction Aqueous Phase for Algae Cultivation.* 2015.
139. Bioenergy, I.E.A., *Value-Added Biogenic Compounds: Expanding the use of biobased materials.* 2020.
140. Cordis, *Advanced chemicals production from biogenic CO2 emissions for circular bio-based industries (CO2SMOS Project).* 2025.
141. Pnnl/Nrel, *Top Value Added Chemicals from Biomass, Volume I: Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas.* 2004.
142. Mdpi, *Grape Pomace as a Renewable Natural Biosource of Value-Added Compounds with Potential Food Industrial Applications.* Sustainability, 2023. **10**(2): p. 45.
143. ResearchGate, *Optimization of fermentation conditions for squalene production by heterotrophic marine microalgae Schizochytrium mangrovei PQ6.* TAP CHI SINH HOC, 2017. **39**(3): p. 349-358.
144. Pmc, *Bioactivity of Marine-Derived Peptides and Proteins: A Review.* PMC - PubMed Central, 2025. **12028762**.
145. Frontiers, *Editorial: Sustainable synthesis for obtaining elements of natural origin with antimicrobial properties.* Frontiers in Chemistry, 2025. **13**(1664305).
146. Frontiers, *Biorefineries: Achievements and challenges for a bio-based economy.* Frontiers in Chemistry, 2022. **10**(973417).
147. Biofuel Research, J., *Biorefinery economics and the circular bioeconomy: A strategy for fossil-based replacement.* 2025.
148. Lex, E.U.R., *Global biotechnology market share and European strategic positioning.* 2024.
149. Pandey, A. and C.R. Soccol, *Biotechnological applications of plant extracts.* Biotechnology Advances, 2000. **18**(4): p. 263-296.
150. Rios, J.L. and M.C. Recio, *Medicinal plants and phytomedicines.* Phytochemistry, 2005. **66**(4): p. 541-554.
151. Roberts, M.A., *Use of natural plant extracts in food.* Natural Products, 2001. **67**(2): p. 25-30.
152. Harrison, R. and L. Griner, *Natural colorants: Alternatives to synthetic dyes.* Food Science and Technology, 2018. **42**(3): p. 345-352.
153. Ravi, S. and S. Rani, *Plant extracts as natural pesticides in agriculture.* Environmental Science and Pollution Research, 2020. **27**: p. 12345-12359.
154. Givaudan, *Sustainability in sourcing plant-based extracts.* 2020.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

155. Zhang, X., C. Huang, and W. Jiang, *Single-cell oils as potential sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids: Production, properties, and applications.* Food Research International, 2017. **100**: p. 20-29.
156. Ratledge, C., *Microbial oils: A new approach to sustainable sources of fatty acids.* Biotechnology Advances, 2004. **22**(5): p. 259-267.
157. Li, Y., M. Horsman, and B. Wang, *Microalgae-based single-cell oils: Sustainable production and commercial applications.* Biotechnology for Biofuels, 2014. **7**(1): p. 12.
158. Gaitán-Hernández, R., M. Sánchez, and S. Martínez, *Microbial oils as a sustainable alternative to vegetable oils: Production, challenges, and applications.* Current Opinion in Food Science, 2019. **28**: p. 72-80.
159. *Single Cell Oil Market Size, Share & Industry Analysis*. Available from: https://www.fortunebusinessinsights.com/single-cell-oil-market-110719.
160. Fernandes, P. and J.M.S. Cabral, *Biotransformations*
Basic Biotechnology (3rd ed.). 2006: Cambridge University Press.
161. Lee, T.W., *Enzyme Immobilization: A Review of Techniques and Applications in Biocatalysis.* Journal of Pharmaceutical Biotechnology, 2022. **12**(3): p. 154-168.
162. He, Q., Others, and et al., *Two-Step Production of Phenylpyruvic Acid from L-Phenylalanine by Growing and Resting Cells of Engineered Escherichia coli: Process Optimization and Kinetics Modeling.* PLOS One, 2016. **11**(12).
163. Feldhaus, L., Others, and et al., *Integrated enzyme cascades: a review on recent advances and their applications.* Current Opinion in Chemical Biology, 2017. **37**: p. 1-10.
164. *The Basics of Bioplastics*. Available from: https://greenprintproducts.com/the-basics-of-bioplastics/.
165. *plastics go green*. Available from: https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/videos/chemmatters-april2010-bioplastics.pdf.
166. *Bioplastic*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Bioplastic#:~:text=Bioplastics%20are%20plastic%20materials%20produced,bioplastics%20are%20gaining%20interest%20again.
167. Pescarmona, P. and et al., *Bioplastics: Types, applications, and environmental impact.* Journal of Sustainable Chemistry and Pharmacy, 2018. **8**(1): p. 24-35.
168. Kumar, V. and S. Bhattacharya, *Sustainable bioplastics: Materials, technologies, and applications*. 2021: Springer Nature.
169. Koutinas, A.A. and et al., *The state of the art of bio-based plastics and their implications in the circular economy.* Environmental Progress & Sustainable Energy, 2019. **38**(6): p. 1115-1127.
170. European, B., *Bioplastics market data*. 2020.
171. Zhou, W., et al., *Polyhydroxyalkanoates (PHAs) synthesis and degradation by microbes and applications towards a circular economy.* Journal of Environmental Management, 2023. **341**: p. 118033.
172. Wu, Q. and et al., *Polyhydroxyalkanoates (PHA) as renewable materials: Biotechnology and industrial applications.* BioResources, 2009. **4**(1): p. 48-61.
173. Reddy, C.S.K. and et al., *Polyhydroxyalkanoates: An overview of bioplastic production and applications.* Biotechnology Advances, 2013. **31**(6): p. 1231-1241.
174. Koller, M. and et al., *Polyhydroxyalkanoates (PHA) production from renewable resources: A sustainable approach to bioplastic production.* Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2017. **5**(40): p. 1-15.
175. Choi, J. and S.Y. Lee, *Process engineering aspects of polyhydroxyalkanoates production.* Biotechnology and Bioengineering, 1999. **62**(5): p. 537-552.
176. *NatureWorks LLC (US) and Braskem (Brazil) are Leading Players in the Bioplastics & Biopolymers Market*. Available from: https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/biopolymers-bioplastics-market.asp#:~:text=The%20bioplastics%20&%20biopolymers%20market%20is%20dominated%20by%20key%20manufacturers%20including,market%20share%20and%20global%20reach.
177. *Polyhydroxyalkanoates Market (2024 - 2030)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/pha-polyhydroxyalkanoates-market.
178. European Bioplastics e, V., *European Bioplastics e.V.* 2024.
179. Contagion, L., *Medical Importance of Microbial Biofilms in the Management of Infectious Diseases*. 2020.
180. Mdpi, *A Review of Bacterial Biofilm Components and Formation, Detection Methods, and Their Prevention and Control on Food Contact Surfaces.* MDPI, 2024.
181. Pmc, *Biofilm formation: mechanistic insights and therapeutic targets.* PMC, 2023.
182. *Biofilm*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Biofilm.
183. Sterilex, *Biofilm Basics: How It's Formed*. 2024.
184. Asm, *The Role of Bacterial Biofilms in Antimicrobial Resistance*. 2023.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

185. Mdpi, *Microbial Biofilms: Applications, Clinical Consequences, and Alternative Therapies*. MDPI, 2023.
186. Fanqiang, B., et al., *Targeted Anti-Biofilm Therapy: Dissecting Targets in the Biofilm Life Cycle.* Pharmaceuticals, 2022. **15**: p. 1253.
187. *Global Biofilms Treatment Market 2024–2033*. Available from: https://www.custommarketinsights.com/report/biofilms-treatment-market/#:~:text=Exclusive%2C%20in%2Ddepth%20market%20intelligence,help%20you%20increase%20your%20Revenue.&text=As%20per%20the%20current%20market,to%20reach%20USD%203.5%20billion.
188. *Global Biofilms Treatment Market Size/Share*. Available from: https://finance.yahoo.com/news/latest-global-biofilms-treatment-market-203000185.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAE4AXs59Baakme2zTNzIFWEq-BzGMdLLV1gITNWKodWy-E4pJBGMn0GsVbrmxKTjqQW4VbLS7OmtIKCOdN2YeejHL27BBqr3M7wtEM4JbTZX6_W5y0uO85dMRY2MOOoyyv8vb05DZuBWWL9pLtkMysxeJ_DdIe-rFF_LMVcjs8yl.
189. *Biofilm Treatment Market – Global Industry Analysis and Forecast (2023-2029)*. Available from: https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-biofilm-treatment-market/116538/#:~:text=Biofilm%20Treatment%20Market%20%E2%80%93%20Global%20Industry,Bn%20in%20the%20forecast%20period.
190. *Biofilms Treatment Market - Global Forecast 2025-2032*. Available from: https://www.researchandmarkets.com/report/medical-biofilm#:~:text=Market%20Snapshot:%20Size%2C%20Growth%2C,toward%20environmentally%20responsible%20management%20methods.
191. *Large And Small-scale Bioprocessing Market (2025 - 2033)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/large-small-scale-bioprocessing-biopharmaceutical-manufacturing-market.
192. *Continuous Fermentation Technology —Looking at the Innovative Technology that Holds the Key to Market Development for Precision Fermentation—*. Available from: https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/__icsFiles/afieldfile/2025/03/27/2501btf_sawano_ishiguro_e.pdf.
193. *What is precision fermentation?* ; Available from: https://gfieurope.org/precision-fermentation/.
194. *Precision fermentation*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Precision_fermentation.
195. *PRECISION FERMENTATION THE NEXT-GENERATION FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY —INDUSTRY COLLABORATION ACCELERATING MARKET DEVELOPMENT—* Available from: https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/__icsFiles/afieldfile/2024/04/15/2402t_sawano_e_1.pdf.
196. *Precision Fermentation Market (2025 - 2030)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/precision-fermentation-market-report.
197. Bengelsdorf, F.R. and P. Dürre, *Gas fermentation for commodity chemicals and fuels.* Microb Biotechnol, 2017. **10**(5): p. 1167-1170.
198. Buitelaar, R.M., J.W. Lee, and J. Kwan, *Recent advances in industrial biotechnology: Industrial scale bioprocesses and bioreactor design.* Biotechnology and Bioengineering, 2021. **118**(7): p. 2815-2830.
199. García-Ochoa, F. and E. Gómez, *Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes.* Biotechnology Advances, 2009. **27**(5): p. 409-427.
200. Sander, M. and K. Lettmann, *Bio-based chemicals and platform chemicals: Their potential for industrial biotechnology.* Trends in Biotechnology, 2019. **37**(8): p. 836-846.
201. Lee, J.W., M.H. Lee, and S.H. Bae, *Advances in bioprocess engineering: From lab to industry.* Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2019. **46**(3): p. 259-268.
202. *World Population Prospects 2019*. Available from: https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2019_Highlights.pdf.
203. *The State of Food and Agriculture 2021*. Available from: https://openknowledge.fao.org/items/437c1215-556b-4161-9af6-68163f5a1f84.
204. *AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Available from: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/.
205. Maseko, K.H., et al., *Mushroom mycelia as sustainable alternative proteins for the production of hybrid cell-cultured meat: A review.* J Food Sci, 2025. **90**(2): p. e70060.
206. *Mycoprotein*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Mycoprotein.
207. Grácio, M., et al., *RuBisCO as a protein source for potential food applications: A review.* Food Chemistry, 2023. **419**: p. 135993.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

208. *RuBisCO*. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/RuBisCO#:~:text=RuBisCO%20is%20one%20of%20many,%2D3%2Dphosphate%20are%20formed.
209. *CDMO in Pharma and Biotech: What is it and why do you need one*. Available from: https://pharmasource.global/content/cdmo-explained-an-overview-of-contract-development-and-manufacturing-organisations-in-pharma/.
210. *Biotechnology CMO and CDMO Market Evolution and Opportunities*. Available from: https://www.towardshealthcare.com/insights/biotechnology-cmo-and-cdmo-market-sizing#:~:text=The%20global%20biotechnology%20CMO%20and%20CDMO%20market%20size%20is%20estimated,11.54%25%20between%202025%20and%202034.
211. *Biologics Contract Development And Manufacturing Organization Market (2025 - 2033)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biologics-contract-development-manufacturing-organization-market-report.
212. *CDMO European Landscape in 2025*. Available from: https://pharmasource.global/content/chart/cdmo-european-landscape-infographic/.
213. *Top CDMOs in the United States by Facilities*. Available from: https://pharmasource.global/content/guides/category-guide/top-cdmos-based-in-the-united-states-supporting-drug-development-and-production/.
214. *Top 10 Contract Development and Manufacturing Organizations 2025*. Available from: https://www.genengnews.com/topics/bioprocessing/top-10-contract-development-and-manufacturing-organizations-2025/.
215. *Single-Use Systems: The Future of Biopharmaceutical Processing*. Available from: https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/40742-single-use-systems-the-future-of-biopharmaceutical-processing.
216. *WuXi Biologics Invests in Single-Use Bioreactors for Increased Efficiency*. Available from: https://pharmasource.global/content/news/cdmo-news/wuxi-biologics-invests-in-single-use-bioreactors-for-increased-efficiency/.
217. Ratner, M., *Pfizer stakes a claim in plant cell–made biopharmaceuticals.* Nature Biotechnology, 2010. **28**(2): p. 107-108.
218. Fox, J.L., *First plant-made biologic approved.* Nature Biotechnology, 2012. **30**(6): p. 472-472.
219. *AGC Biologics Unveils 5,000L Single-Use Bioreactors at Yokohama CDMO Facility*. Available from: https://pharmasource.global/content/news/cdmo-news/agc-biologics-unveils-5000l-single-use-bioreactors-at-yokohama-cdmo-facility/.
220. *Aragen Bioscience and Getinge's Successful Validation of Single-Use Production Reactors*. Available from: https://pharmasource.global/content/news/cdmo-news/aragen-bioscience-and-getinges-successful-validation-of-single-use-production-reactors/.
221. *Single-use Bioreactors Market (2025 - 2033)*. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/single-use-bioreactors-market-report#:~:text=The%20single%2Duse%20bioreactor%20systems%20segment%20captured%20the%20largest%20market,that%20require%20high%20product%20yield.
222. *Simulated Moving Bed Chromatography (SMBC) Market Insights*. Available from: https://www.verifiedmarketreports.com/product/simulated-moving-bed-chromatography-smbc-market/#:~:text=Simulated%20Moving%20Bed%20Chromatography%20(SMBC)%20Market%20size%20stood%20at%20USD,CAGR%20from%202026%20to%202033.
223. *Supercritical Fluid Chromatography Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030)*. Available from: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/supercritical-fluid-chromatography-market.
224. Heavey, M.K., et al., *Discovery and delivery strategies for engineered live biotherapeutic products.* Trends Biotechnol, 2022. **40**(3): p. 354-369.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۶:

پیوست ۱ افراد دارای سابقه صنعتی و پژوهشی مشابه با ترندهای منتخب

نسخه نهایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ارتقا محتوای امگا۳ روغن ماهی به روش زیست ترادیسی با آنزیم تثبیت‌شده				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۱	کارشناسی ارشد		دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی - دانشکده مهندسی شیمی	بهینه سازی فرایند تغلیظ امگا۳ به روش تقطیر مولکولی
۱۳۹۷	کارشناسی ارشد		دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی - دانشکده علوم مهندسی	تولید روغن غنی از امگا۳ از ترکیب روغن‌های گیاهی و ماهی با استفاده از روش‌های فرآیند غشایی
۱۴۰۱	دکتری تخصصی (PhD)		دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم شیمی و نفت	تثبیت آنزیم‌های لیپاز به روش اتصال عرضی و بررسی کارآیی مشتقات تثبیت‌شده در هیدرولیز انتخابی اسیدهای چرب امگا-۳ از روغن ماهی
تولید زیستی هیدروژن پراکسید به منظور توسعه فرایندهای استریلیزاسیون غیر حرارتی درفراوری تخم‌مرغ				
سال	نوع رساله	استاد راهنما/ نویسنده	دانشگاه/ مجله	عنوان
۱۴۰۴	مقاله کنفرانسی	فاطمه نقدی و همکاران	نهمین همایش بین المللی مطالعات میان رشته ای در صنایع غذایی و علوم تغذیه ایران	مروری بر استفاده از فناوری های غیر حرارتی در استریلیزاسیون موادغذایی
توسعه فرایند تولید وانیلین از فرولیک اسید استحصالی از تفاله چغندرقند به روش زیست‌ترادیسی				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۳۹۰	دکتری تخصصی (PhD)	ایرج نحوی	دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم	کاربرد بیوترانسفورماسیون میکروبی برای تولید وانیلین و دیگر متوکسی فنل‌های باارزش
توسعه فرایند تخمیر پیوسته به منظور تولید بیواتانول				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۳	کارشناسی ارشد	زهرا فتحی	دانشگاه مراغه، دانشکده علوم پایه	بررسی و مقایسه میزان تولید بیواتانول در کشت بسته و نیمه پیوسته توسط مخمر ساکارومایسس سرویزیه.
۱۳۹۵	کارشناسی ارشد	مرتضی اصغری	دانشگاه کاشان	تولید پیوسته زیست‌اتانول تخمیری توسط زیست‌راکتور غشایی تراوش تبخیری PDMS - CNT
۱۳۹۴	کارشناسی ارشد	مجتبی معصومی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، دانشکده فنی مهندسی	کنترل پیش‌بین میزان جمعیت سلولی در بیوراکتور با تولید پیوسته تخمیر الکل
۱۳۹۴	کارشناسی ارشد	قاسم نجف پور درزی	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	تولید اتانول از آب پنیر با استفاده از سلول‌های تثبیت شده کلایورومایسس‌مارکسیانوس در تخمیر حالت ناپیوسته و پیوسته
۱۳۹۳	کارشناسی ارشد	سیروس ابراهیمی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، دانشکده فنی	شبیه سازی فرایند تخمیر پیوسته بیواتانول از ملاس نیشکر

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

تولید SCP **دامی با استفاده از پساب صنعت اسید چرب** (sweetwater)				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۳۹۸	دکتری تخصصی (PhD)	ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات	اثرات قلیائی‌ات و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) بر کمیت و کیفیت تولید بیوفلاک و تأثیر آن بر رشد، عملکرد تولیدمثل و تولید (سیست و بیوماس) franciscana Artemia
۱۴۰۲	دکتری تخصصی (PhD)	نعمت‌الله محمودی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی	ارزیابی اثر بیوفلاک مبتنی بر بیوچارهای تولید شده از ضایعات کشاورزی بر کیفیت آب، پارامترهای رشد و شاخص‌های فیزیولوژی بچه ماهیان کپور معمولی (Cyprinus carpio Linnaeus, 1758)
۱۴۰۳	کارشناسی‌ارشد	مرضیه موسوی نسب	دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی	تولید پروتئین تک‌یاخته از مخمر کلایورومایسز مارکسیانوس از ضایعات کشاورزی - صنعتی و بررسی ویژگی‌های آن
۱۴۰۳	کارشناسی‌ارشد	علی مرتضوی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی	بهینه‌سازی رشد مخمر *Saccharomyces cerevisiae* در محیط کشت حاوی پساب قهوه به‌منظور تولید پروتئین تک‌یاخته و ارزیابی کاربرد آن در تغذیه آبزیان
تولید زایلوالیگوساکارید از چوب ذرت به روش کموآنزیماتیک				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۳۹۸	دکتری تخصصی (PhD)	زهره حمید اصفهانی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده کشاورزی	امکان تولید زایلوالیگوساکارید از هسته خرما به روش آبکافت آنزیمی و بررسی اثر آن بر رشد بیفیدوباکتریوم
۱۳۹۹	کارشناسی‌ارشد	حسن احمدی گاولیقی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده کشاورزی	تولید زایلوالیگوساکاریدها از فیبر ذرت به روش آنزیمی و بررسی خواص مهارکنندگی آلفا آمیلازی و آلفا گلوکوزیدازی آن
۱۳۹۲	کارشناسی‌ارشد	ناصر آق	دانشگاه ارومیه، دانشکده منابع طبیعی	مطالعه‌ی اثرات استفاده‌ی هم‌زمان پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاروم (*plantarum Lactobacillus*) و پری‌بیوتیک زایلوالیگوساکارید (oligosaccharides Xylo) بر پارامترهای رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی، پاسخ‌های ایمنی، ترکیب شیمیایی عضله و مقاومت در برابر ضربه‌های محیطی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (mykiss Oncorhynchus)
۱۴۰۳	کارشناسی‌ارشد	سلیمان عباسی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده کشاورزی	ارزیابی تأثیر فراصوت قدرت، واکنش نورکافت و آب‌اکسیژنه روی استخراج زایلان، زایلوز و زایلوالیگوساکاریدها از چوب ذرت
۱۴۰۲	کارشناسی‌ارشد	احمد کریمی	دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی	اثرات زایلو الیگوساکاریدها بر عملکرد جوجه‌های گوشتی: متاآنالیز شبکه‌ای
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	سید جواد حسینی	دانشگاه خلیج‌فارس، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی	همسانه‌سازی، بیان، تعیین خصوصیات اندو ۱ به ۴ بتا زایلاناز از *pseudomonas* sp. در اشریشیا کلی BL21 (DE3)
۱۳۹۵	دکتری تخصصی (PhD)	سید محمد موسوی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده مهندسی شیمی	تولید زایلاناز باکتریایی با کشت سوبسترای جامد غوطه‌ور در زیست واکنشگاه
تصفیه پساب صنایع غذایی/نوشیدنی با فناوری الکتروشیمیایی میکروبی (MET)				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۴۰۲	دکتری تخصصی (PhD)	گاگیک بدلیانس قلی کندی	دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور - دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست	تولید هیدروژن زیستی از مخلوط لجن‌های تصفیه‌خانه‌های آب و پساب در سلول الکترولیز میکروبی و مدل‌سازی آن با استفاده از هوش مصنوعی
۱۴۰۲	دکتری تخصصی (PhD)	بیژن یگانه	دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور - دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست	توسعه پیل سوخت میکروبی تک محفظه با هدف تثبیت و تولید برق از لجن مازاد بیولوژیکی با استفاده از خاکستر لجن تصفیه‌خانه آب و پودر پوسته برنج و مدل‌سازی آن
۱۴۰۱	دکتری تخصصی (PhD)	علی‌اکبر زینتی زاده	دانشگاه رازی، دانشکده شیمی	بهبود هم‌زمان بازیابی مواد مغذی و تولید الکتریسیته در پیل سوختی میکروبی اصلاح شده
۱۴۰۰	دکتری تخصصی (PhD)	احسان معتمدیان	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده مهندسی شیمی	طراحی و توسعه جامعه میکروبی بهینه توسط مهندسی متابولیک سامانه‌ای با هدف بهبود الکترون زایی در پیل‌های سوختی میکروبی
۱۴۰۰	دکتری تخصصی (PhD)	حبیب اله یونسی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی	تصفیه هم‌زمان پساب کنسروسازی و تولید الکتریسیته در پیل سوختی میکروبی مجهز به غشای سنتزی بر پایه پلیمرهای با اتصال عرضی فنلی سولفون دار و پلی اتر سولفونه سولفون دار
۱۳۹۹	دکتری تخصصی (PhD)	علی‌اکبر زینتی زاده	دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم	توسعه یک واکنشگاه زیستی الکتروشیمیایی با رژیم ایرلیفت ترکیب شده با فرایند جداسازی غشایی برای حذف کربن/نیتروژن و تولید آب بهداشتی از پساب‌های صنعتی
۱۳۹۶	دکتری تخصصی (PhD)	سهیلا یغمائی	دانشگاه شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت	مطالعه تئوری و تجربی فرایندهای زیست الکتروشیمیایی در سامانه‌های ریزساختار
۱۴۰۰	کارشناسی‌ارشد	سهیلا یغمائی	دانشگاه شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت	بررسی تئوری سامانه‌های ترکیبی پیل‌های الکتروشیمیایی میکروبی ریزساختار و ارزیابی تولید زیست هیدروژن
۱۴۰۰	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	تأثیر جنس الکترود بر عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی
۱۳۹۹	کارشناسی‌ارشد	عباس رضایی	دانشگاه تربیت‌مدرس	حذف الکتروشیمیایی دیازینون از محلول‌های آبی با استفاده از سلولز میکروبی واجد نانوذرات آهن
۱۳۹۸	کارشناسی‌ارشد	سید مرتضی ضمیر	دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین	ساخت و راهبری پیل نمک‌زدایی میکروبی همراه با حذف فنول از پساب سنتزی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۳۹۷	کارشناسی‌ارشد	احمد نوزاد گلی کند	دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، دانشکده علوم پایه	اصلاح الکتروشیمیایی الکترود آند گرافیتی با نانوذرات پلاتین به‌منظور استفاده در پیل سوختی میکروبی
۱۳۹۴	کارشناسی‌ارشد	غلامرضا زرینی	دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی	امکان‌سنجی طراحی پیل سوختی میکروبی با استفاده از لجن دریاچه ارومیه
۱۳۹۱	کارشناسی‌ارشد	محمد اخوان مهدوی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	استانداردسازی تست‌های الکتروشیمیایی در پیل‌های سوختی میکروبی
۱۳۸۹	کارشناسی‌ارشد	محمد پازوکی	پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده انرژی	اثر افزایش سطح الکترود بر جریان پیل سوختی میکروبی با استفاده از نانولوله کربنی

حذف قند آب میوه و تولید شیر بدون لاکتوز با استفاده از آنزیم تثبیت شده (زیست ترادیسی)

سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۴	دکتری تخصصی (PhD)	محمد علیزاده، احسان مقدم کیا	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	سنتز و بهینه‌سازی پلیمر قالب مولکولی جهت جداسازی لاکتوز از پرمیت شیر با استفاده از روش‌های سبز و غیرکوالانسی
۱۴۰۳	دکتری تخصصی (PhD)	محمد علیزاده، هادی الماسی	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	هم درون‌پوشانی بتا - گالاکتوزیداز و اسکوربیک اسید به‌منظور تولید شیر کم‌لاکتوز غنی شده با ویتامین C
۱۴۰۰	دکتری تخصصی (PhD)	محمد علیزاده، یعقوب ارسلان	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تثبیت کووالانت بتا گالاکتوزیداز آسپرژیلوس اوریزه و پروتئاز باسیلوس لیکنی فورمیس بر روی آمینو - نانولوله‌های کربنی چند دیواره‌ای و استفاده از آن در تولید شیر گاو غیرآلرژیک
۱۳۹۹	دکتری تخصصی (PhD)	محمد علیزاده، هادی الماسی	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تثبیت آنزیم بتا گالاکتوزیداز بر روی نانوالیاف پلی کاپرولاکتون تهیه شده به روش الکتروریسی و بررسی فعالیت کاتالیزوری آن
۱۳۹۸	دکتری تخصصی (PhD)	-	of University Chinese Academy of Science	بررسی ژنتیکی توانایی فعالیت لاکتازی در جمعیت ایران
۱۳۹۵	دکتری تخصصی (PhD)	محمود رضازاد باری، محمد علیزاده	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تولید نانوالیاف کیتوزان - پلی‌وینیل الکل به روش الکتروریسی به‌منظور تثبیت آنزیم‌های بتا - دی - گالاکتوزیداز و گلوکز اکسیداز جهت تولید شیر کم‌لاکتوز
۱۳۹۲	دکتری تخصصی (PhD)	محمدرضا احسانی، سید هادی رضوی	دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی - دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی	بررسی اثر پری‌بیوتیکی الیگوساکاریدهای موجود در آب‌هویج و شیر هیدرولیز شده آنزیمی بر رشد و بقا برخی سویه‌های پروبیوتیک در نوشیدنی شیر/آب‌هویج
۱۳۹۸	کارشناسی‌ارشد	مصطفی کرمی، آریو امامی‌فر	مؤسسه آموزش عالی راهبرد شمال، گروه مدیریت	استخراج و کریستالیزاسیون لاکتوز از پرمیت حاصل از فراپالایش شیر با کمک فراصوت
۱۳۹۵	کارشناسی‌ارشد	محمود رضازاد باری، محمد علیزاده	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تولید شیر کم‌لاکتوز و کم گلوکز با کاربرد آنزیم‌های لاکتاز، گلوکز اکسیداز و کاتالاز و مطالعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آن در طول نگهداری
۱۳۹۴	کارشناسی‌ارشد	-	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تولید شیر با لاکتوز و گلوکز کم با به‌کارگیری لاکتاز، گلوکز اکسیداز، کاتالاز

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۳۹۳	کارشناسی‌ارشد	محمد علیزاده، محمود رضازاد باری	دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی	تولید شیر کم‌لاکتوز به روش مداوم و بهینه‌سازی شرایط تولید این شیر در ستون‌های حاوی آنزیم لاکتاز تثبیت شده در کلسیم آلژینات
۱۳۶۲	کارشناسی‌ارشد	احمد کرباسی، جلال جمالیان، محمود امین لاری	دانشگاه شیراز	تعیین شرایط بهینه تولید آنزیم بتا - گالاکتوسیداز توسط Lactobacillus delbrueckii به‌منظور تولید شیر با لاکتوز هیدرولیز شده

ارتقای کیفی فرایند صمغ زدایی آنزیمی در تصفیه روغن خام گیاهی				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	رضا اسماعیل زاده کناری	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده مهندسی زراعی	اثر تیمارهای مختلف فرایند تصفیه بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و باقیمانده ترکیبات فنولی و توکوفرولی روغن کانولا

کنترل فساد محصولات کشاورزی با استفاده از باکتریوفاژ				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۳	دکتری تخصصی (PhD)	رضا خاک ور	دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی	جداسازی و تعیین خصوصیات باکتریوفاژهای آلوده کننده Pseudomonas syringae pv. syringae، عامل شانکر باکتریایی درختان میوه هسته دار و ارزیابی کارایی آنها در کنترل بیولوژیکی بیمارگر تحت شرایط آزمایشگاهی
۱۴۰۰	دکتری تخصصی (PhD)	سعید حسین زاده	دانشگاه شیراز، دانشکده دامپزشکی	جداسازی و شناسایی فاژهای اختصاصی اشریشیاکلی O157:H7 و استفاده از آن در کنترل زیستی آلودگی سبزیجات خام
۱۴۰۳	کارشناسی ارشد	حسین میرزایی نجفقلی	دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی	بررسی باکتریوفاژ های کشنده موثر بر کنترل بیولوژیک باکتری Xanthomonas campestris pv. campestris
۱۴۰۴	کارشناسی ارشد	حسین میرزایی نجفقلی	دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی	شناسایی و بررسی باکتریوفاژ های کشنده موثر بر باکتری Pectobacterium caraotovorum

مدیریت رسوب‌گذاری زیستی غشاهای سرامیکی با استفاده از آنزیم‌های مهارکننده Qourum Sensing				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۰	دکتری تخصصی (PhD)	مهرناز راد	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده دامپزشکی	طراحی پپتیدهای مداخله‌گر در سیستم کوئروم سنسینگ (sensing Quorum) باکتری سودوموناس ائروژینوزا (*Pseudomonas aeruginosa*) و بررسی تأثیر این پپتیدها در تشکیل بیوفیلم و بیان ژن‌های کدکننده آن
۱۴۰۳	کارشناسی‌ارشد	مروارید شفیعی	دانشگاه علم و فرهنگ تهران، دانشکده علوم پایه و فناوری‌های نوین زیستی	بررسی اثر نانوزیم ZIF-8 مبتنی بر روی، حاوی آنتی‌بیوتیک سیپروفلوکساسین علیه بیوفیلم سویه‌های سودوموناس آئروژینوزای مقاوم به سیپروفلوکساسین
۱۳۹۷	کارشناسی‌ارشد	مهدی سجودی	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر	مدل‌سازی و تحلیل همگرایی فرایند تشخیص حد آستانه در شبکه باکتریایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

ارزیابی اقتصادی تولید لاکتوفرین با استفاده از شیر/ آب پنیر و روش تولیدمیکروبی				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۱	دکتری تخصصی (PhD)	محمد فضیلتی	دانشگاه پیام نور استان اصفهان، مرکز پیام نور اصفهان	تخلیص پروتئین لاکتوفرین ازآب پنیر وموارد کاربرد آن
تولید بیومتان به وسیله آرکی از خوراک CO_2 و H_2				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۴	کارشناسی‌ارشد	سجاد جلالی ورنامخواستی	دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز	تحلیل فنی، اقتصادی و محیط زیستی ارتقا بیوگاز به بیومتان از پسماندهای غذایی از طریق زیست متان‌سازی CO2 در واحدهای صنعتی هضم بی‌هوازی
اصلاح الکترودها به منظور ارتقا عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبات دریابُن (BMFC)				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۲	دکتری تخصصی (PhD)	مهدی مشکور	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ	ارزیابی کارایی فوم الکترودهای کربنی مزو متخلخل مشتق شده از چوب در پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی (SMFCs)
۱۴۰۱	دکتری تخصصی (PhD)	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	بهبود عملکرد بخش کاتد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی در کانال روباز
۱۴۰۴	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	بررسی تأثیر دوره روشنایی/تاریکی و مقاومت خارجی در عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی جلبکی
۱۴۰۳	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	بررسی اثر آرایش‌های مختلف اتصال بر عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی در کانال جریان روباز
۱۴۰۲	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	تأثیر سیکل‌های روشنایی/تاریکی چندمرحله‌ای بر عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی جلبکی
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	مصطفی رحیم نژاد	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	بهبود عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی با استفاده از یک معماری جدید جهت دریافت حداکثر توان الکتریکی
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	مصطفی رحیم نژاد	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	غنی‌سازی رسوب و بررسی عملکرد آن در پیل سوختی میکروبی رسوبی
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	بررسی تأثیر شدت نور و میزان تلقیح اولیه بر عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی جلبکی
۱۴۰۱	کارشناسی‌ارشد	سید مرتضی ضمیر	دانشگاه تربیت‌مدرس، دانشکده فنی و مهندسی	کاربرد پیل سوختی میکروبی برای کشت ریزجلبک در کاتد زیستی حاوی پساب شور نیروگاهی
۱۴۰۰	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	تأثیر جنس الکترود بر عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱۴۰۰	کارشناسی‌ارشد	مصطفی رحیم نژاد	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	بهبود عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی به‌وسیله اصلاح الکترودها
۱۳۹۹	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	تأثیر شدت نور بر عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی با کاتد بهبودیافته توسط ریزجلبک
۱۳۹۸	کارشناسی‌ارشد	وحید متقی طلب	دانشگاه گیلان، دانشکده فنی	استفاده از پارچه کربن بهبودیافته با کامپوزیت‌های هیبریدی به‌عنوان الکترود آند در پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی جهت تولید برق از میکروارگانیسم‌های حوضه آبی خزر
۱۳۹۸	کارشناسی‌ارشد	مصطفی رحیم نژاد	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	بهبود عملکرد پیل سوختی میکروبی رسوبی به‌وسیله اصلاح الکترودها.
۱۳۹۸	کارشناسی‌ارشد	حمیدرضا غفوری طالقانی	دانشگاه مازندران، دانشکده مهندسی و فناوری	تولید برق از آب دریای مازندران با استفاده از پیل سوختی میکروبی رسوبی
۱۳۹۴	کارشناسی‌ارشد	غلامرضا زرینی	دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی	امکان‌سنجی طراحی پیل سوختی میکروبی با استفاده از لجن دریاچه ارومیه
۱۳۹۳	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	مقایسه عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی در حالت‌های منفرد، سری و موازی در یک کانال روباز
۱۳۹۲	کارشناسی‌ارشد	مصطفی رحیم نژاد نجارکلایی	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی شیمی	ساخت و بررسی پیل سوختی میکروبی رسوبی در مقیاس آزمایشگاهی
۱۳۹۱	کارشناسی‌ارشد	رضا قشلاقی	دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی	بررسی عملکرد پیل‌های سوختی میکروبی رسوبی در کانال جریان باز
تولید فرمیک اسید زیست پایه با استفاده از فناوری بیوالکتروشیمی				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۱	دکتری تخصصی (PhD)	حجت نادری	دانشگاه یزد، پردیس فنی و مهندسی - دانشکده مهندسی معدن و متالورژی	بررسی استحصال مس از محلول‌های لیچینگ با استفاده از رآکتور بیوالکتروشیمیایی اصلاح شده
۱۴۰۳	کارشناسی ارشد	مهدی خیرمند	دانشگاه یاسوج، دانشکده علوم پایه	الکترواکسیداسیون فرمیک اسید بر روی کاتالیست‌های برخی فلزات واسطه برای پیل‌های سوختی فرمیک‌اسید مستقیم
۱۴۰۱	کارشناسی ارشد	علی جلوه گر فیلبند	دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران، دانشکده فنی و مهندسی	حذف ترکیبات نفتی از پساب آب آلوده تولیدی حاصل از مخازن هیدرو کربنی با استفاده از فرآیند های مختلف راکتور بیو الکتروشیمیایی
استفاده از نانوحباب فعال شده با پلاسما برای از بین بردن خوردگی میکروبی (MIC)				

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۲	دکتری تخصصی (PhD)	غلامرضا فروتن	دانشگاه صنعتی سهند، دانشکده علوم پایه مهندسی	شبیه سازی عددی فرآوری نانوذرات و نانوساختارها به کمک پلاسما
تولید کنسانتره و ایزوله پروتئین سویا از آرد سویا به روش تریبوالکتریک				
سال	نوع رساله	استاد راهنما	دانشگاه	عنوان
۱۴۰۰	کارشناسی ارشد	محمد چمنی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی	تأثیر استفاده از کنسانتره پروتئین سویا بر عملکرد، ریخت شناسی روده کوچک و برخی فاکتورهای خونی جوجه های گوشتی
۱۳۹۴	کارشناسی ارشد	سید مهدی جعفری	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده صنایع غذایی	مدل‌سازی و بهینه‌سازی تولید ایزوله پروتئین سویا به روش خشک‌کردن پاششی و بررسی ویژگی‌های عملکردی محصول تولیدی
۱۴۰۰	کارشناسی ارشد	نفیسه سلطانی زاده	دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی کشاورزی	بکارگیری روش تغییر pH و پلاسمای سرد برای ایجاد بافت در ایزوله پروتئین سویا

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

فصل ۷:

پیوست ۲ روش های بررسی بازار

نسخه نهایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۱-۷- روش‌شناسی

این سند، نحوه جمع‌آوری اطلاعات توسط پلتفرم قیمت‌های افزودنی خوراک دام، نحوه تعیین زبانی برای به اشتراک‌گذاری آن اطلاعات و فرآیند کامل رسیدن به اطلاعات بازار و قیمت مستقل و منطبق با بازار برای افزودنی‌های خوراک دام مربوطه که تحت پوشش قرار می‌گیرند را شرح می‌دهد.

۱-۱-۷- فرآیند ارزیابی شفاف

فرآیند ارزیابی قیمت توسط یک فرآیند ۵ مرحله‌ای کاملاً تعریف‌شده تنظیم شده است. تمام داده‌ها و نقاط قیمتی از کشف روایت‌ها به دست می‌آیند و در طول زنجیره تأمین کامل و در میان گروه وسیعی از شرکت‌کنندگان در صنعت، بارها بررسی می‌شوند.

۲-۱-۷- تحلیل دقیق بازار

قیمت‌های افزودنی خوراک دام یک پلتفرم مستقل و خصوصی است. هدف، ارائه نقاط قیمتی، داده‌ها و تفسیر بازار منطبق با بازار است. زبانی از نظر مشخصات محصول، اینکوترمز، اندازه‌گیری‌ها، ارز و شرکت‌کنندگان بازار تنظیم شده است، بنابراین به صورت جهانی تفسیر می‌شود. ارتباطات محرمانه با مشارکت‌کنندگان بازار:
بازارها هر روز توسط یک گزارشگر قیمت باتجربه، از طریق تماس‌های تلفنی/تصویری، ایمیل، پیامک‌های واتس‌اپ/وی‌چت، جلسات حضوری و غیره در میان طیف گسترده‌ای از مشارکت‌کنندگان بازار در هر دو سمت خرید و فروش بازار ارزیابی می‌شوند. تمام ارتباطات مربوط به قیمت‌ها، ارزیابی‌ها، جزئیات قرارداد و سایر اطلاعات طبقه‌بندی شده و هرگز با اشخاص ثالث به اشتراک گذاشته نمی‌شود. هدف پلتفرم قیمت‌های افزودنی خوراک دام، شفافیت کامل و شفاف بودن در نحوه جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و اشتراک‌گذاری داده‌ها و اطلاعات است.

۳-۱-۷- فرآیند ارزیابی بازار قیمت و داده‌ها

۱) تحلیلگر بازار باتجربه

ارزیابی قیمت‌ها توسط یک تحلیلگر بازار باتجربه و دارای تجربه در بخش‌های مربوطه زنجیره تأمین انجام می‌شود. تحلیلگر بازار همچنین قادر به تعیین الگوهای توسعه قیمت و بازار است و می‌تواند اجماع نهایی را تعریف کند.

۲) فرآیند جمع‌آوری داده‌ها

تحولات بازار، نقاط قیمتی و سایر داده‌های مرتبط با بازار از طریق مکالمات روایی، نشریات معتبر، گزارش‌های مالی و اسناد تجاری مانند قراردادهای قیمت و/یا پیشنهادات قیمت جمع‌آوری می‌شود. داده‌ها از منابع متعددی جمع‌آوری می‌شوند که نشان‌دهنده کل زنجیره تأمین و نشان‌دهنده یک نتیجه منعکس‌کننده بازار، تا حد امکان دانش و قضاوت تحلیلگر هستند.

۳) تحلیل

داده‌های جمع‌آوری‌شده چندین بار بررسی شده و در قالبی مانند MS Excel ثبت می‌شوند تا بتوان آن‌ها را به درستی تجزیه و تحلیل کرد و تا حد امکان ناهنجاری‌ها را کاهش داد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۴) بررسی اضافی

پس از آماده شدن مجموعه داده‌ها، نقاط قیمت و تفسیر بازار برای انتشار، بررسی نهایی بین شرکت‌کنندگان بازار انجام می‌شود تا مشخص شود که آیا تغییرات قابل توجهی رخ داده است یا خیر.

۵) انتشار از طریق پلتفرم

پس از بررسی نهایی در مرحله ۴، به‌روزرسانی‌ها در وب‌سایت قیمت‌های افزودنی خوراک دام منتشر می‌شوند.

اصطلاحات خاص مورد استفاده در پلتفرم قیمت‌های افزودنی خوراک دام:

۴-۱-۷- قیمت‌ها (Prices)

قیمت‌ها بر اساس یورو/کیلوگرم، یورو/تن متریک یا دلار/کیلوگرم، دلار/تن متریک ذکر شده‌اند.

قیمت‌ها یا برای تحویل فوری[۱] (ظرف ۱۴ روز آینده) یا برای تحویل قراردادی[۲] (چندگانه[۳]) فصلی یا قیمت‌های مبتنی بر پیشنهادهای قیمت، معاملات و پیشنهادات واقعی نشان داده شده‌اند. قیمت‌ها با یک اینکوترمز[۴] خاص نشان داده می‌شوند تا روش تحویل را منعکس کنند. قیمت‌ها به حجم‌های خاص و فرم بسته‌بندی مرتبط هستند.

۱-۴-۱-۷- اینکوترمز

اینکوترمزهای شفاف https://iccwbo.org/publication/incoterms-2020-practical-free-wallchart هنگام اشتراک‌گذاری قیمت‌ها، مشخص می‌شوند. رایج‌ترین موارد استفاده در این پلتفرم خاص DDP، FCA، FOB، CIF و CFR هستند.

۵-۱-۷- مشخصات محصول

اساس اطلاعات بازار به افزودنی‌های خوراک دام اشاره دارد. نباید با افزودنی‌های خوراکی یا دارویی یا هر نوع افزودنی دیگری اشتباه گرفته شود. اطلاعات بازار شامل ال-لیزین هیدروکلراید، ال-لیزین مایع، ال-لیزین سولفات، دی‌ال-متیونین، متیونین مایع، ال-ترئونین، ال-تریپتوفان، ال-والین، ال-آرژنین، ویتامین A 1000، مونو ویتامین B1، ویتامین B2 80٪، نیاسین، دی-کالپان، ویتامین B6، بیوتین، اسید فولیک، کریستال ویتامین C، ویتامین C 35٪، ویتامین D3 500، ویتامین E 50٪، ویتامین K3 MNB و انواع مختلف در حال تغییر سایر افزودنی‌های کلیدی خوراک دام است، اگرچه ممکن است تغییر کند.

۶-۱-۷- مناطق[۵]

قیمت‌ها، داده‌ها و تفسیر بازار با جزئیات منطقه‌ای منتشر می‌شود که مناطق اصلی اروپا، ایالات متحده آمریکا و چین هستند. با استفاده از متن، تمایز روشنی بین منطقه مورد نظر ایجاد خواهد شد.

---

[۱] Spot delivery

[۲] Quarterly contract delivery

[۳] Multiple

[۴] Incoterm

[۵] Regions

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۷-۱-۷- حجم، بسته‌بندی و مبدا

از زبان خاصی برای نشان دادن حجم تجارت، نوع بسته‌بندی مورد استفاده، اصطلاحات خاص اینکوترمز مورد استفاده و مبدا محصولات استفاده خواهد شد. که منجر به اصطلاحاتی مانند بارهای ۵ تا ۱۰ تنی، کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی، کیسه‌های بزرگ ۱۰۰۰ کیلوگرمی، کامیون‌های فله‌ای، انبار خریدار DDP یا مبدا از چین می‌شود. اصطلاح مبدا غربی معمولاً به مبدا غیر چینی اطلاق می‌شود، اما در واقع وسترن یک اصطلاح قدیمی است.

۸-۱-۷- فعالان بازار

فعالان بازار کسانی هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در حوزه افزودنی‌های خوراک دام درگیر هستند و/یا ذینفع هستند. رایج‌ترین نام‌های مورد استفاده برای فعالان بازار عبارتند از تولیدکننده خوراک مرکب[۱]، پیش مخلوط‌کن[۲]، یکپارچه‌ساز[۳]، مزرعه بزرگ[۴]، توزیع‌کننده[۵]، یا معامله‌گر[۶] و تولیدکننده افزودنی خوراک دام[۷].
در میان این فعالان بازار، عناوین شغلی زیر مکرراً مورد اشاره قرار می‌گیرند: خریدار، فروشنده، معامله‌گر، فرمول‌نویس، متخصص تغذیه، مدیر قیمت‌گذاری، مدیریت، مالک شرکت و تحلیلگر.

۹-۱-۷- سلب مسئولیت و پیاده‌سازی داده‌های قیمت و اطلاعات بازار

کاربران پلتفرم درک و تصدیق می‌کنند که قیمت‌های به اشتراک گذاشته شده توسط Feed Additive Prices منعکس‌کننده بازار هستند، اما همچنین نشان‌دهنده آن هستند و نباید به هیچ وجه به عنوان توصیه‌ای برای خرید تلقی شوند. قیمت و اطلاعات بازار نباید به عنوان مبنایی برای قراردادها یا توافق‌نامه‌های قراردادی استفاده شوند یا در صورت بروز اختلافات قراردادی یا تجاری مورد استفاده قرار گیرند.

۱۰-۱-۷- تعداد دفعات به‌روزرسانی

پلتفرم Feed Additive Prices چندین بار در هفته به‌روزرسانی می‌شود. پس از انجام آخرین به‌روزرسانی، این موضوع به وضوح در بخش توضیحات بازار ذکر خواهد شد. در مورد بازارهای فعال و/یا بی‌ثبات، به‌روزرسانی‌ها به طور منظم‌تر و در صورت نیاز چندین بار در روز انجام می‌شوند تا وضعیت واقعی بازار را به درستی منعکس کنند.

---

۱ Compound feed manufacturer
۲ Premixer
۳ Integrator
۴ Large farm
۵ Distributer
۶ Trader
۷ Feed additive producer

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی



۲-۷- تفسیر بازار

۱-۲-۷- ویتامین E 50٪

گاهی اوقات اطلاعات متناقضی وجود دارد. به طور کلی، اکثر تأمین‌کنندگان در تلاش جدی برای ترمز کردن و جلوگیری از کاهش قیمت، تمایلی به ارائه یا افزایش قیمت ندارند. اما در عین حال، بازار همچنان شاهد پیشنهادهای قیمت پایین است، گاهی اوقات با حجم محدود، اما این موضوع تعیین‌کننده است. به نظر می‌رسد بازار کلی ضعیف است، اما مقاومت تأمین‌کنندگان برای کاهش بیشتر هر روز در حال افزایش است. سه‌ماهه چهارم کاهش یافته و تاکنون بخش خوبی از سه‌ماهه اول نیز کاهش یافته است.

۲-۲-۷- ویتامین A 1000

داستان بسیار مشابه ویتامین E است. افزایش مقاومت در بین تأمین‌کنندگان برای کاهش بیشتر قیمت، زیرا در حال حاضر بسیار پایین است. اما حداقل در حال حاضر، به نظر می‌رسد مواد کافی برای حمایت از روند ضعیف فعلی وجود دارد. قیمت‌ها عمدتاً پایدار هستند، اما در بیشتر مناطق روند ضعیفی دارند. سه‌ماهه چهارم کاهش یافته و بخشی از سه‌ماهه اول نیز کاهش یافته است.

۳-۲-۷- ویتامین D3 500

پس از یک دوره نسبتاً طولانی قیمت بالای ویتامین D3، بازار اکنون در همه مناطق شروع به تضعیف کرده است و قیمت‌ها گام به گام در حال کاهش هستند. گزارش شده است که موجودی اکنون در مقایسه با اوایل امسال نیز بهتر است. سه ماهه چهارم قبلاً مدتی پیش، زمانی که قیمت‌ها پایدارتر به نظر می‌رسیدند، قراردادها منعقد شده بود، اما هرگونه پوشش اضافی در حال حاضر توسط خریداران با دقت بررسی می‌شود و فروشندگان همچنان مشتاق به حفظ فروش در حال حاضر هستند.

۴-۲-۷- ویتامین B2 80٪

بازار بسیار پایدار و قیمت‌های پایدار. برخی کاهش جزئی قیمت در چین مشاهده شده است، زیرا تقاضا تا حدودی در داخل و برای صادرات عقب مانده است، اما تاکنون چیز مهمی نبوده است. سه ماهه چهارم و بخشی از سه ماهه اول قراردادها منعقد شده است. ا

نسخه نهایی

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۵-۲-۷- D-Calpan

در مقایسه با هفته‌های گذشته تغییر کمی یا بدون تغییر داشته است. قیمت بازار بسیار پایین است و فعلاً تثبیت شده است، اما فعالان بازار اکنون کاملاً متقاعد شده‌اند که آیا کف قیمت از قبل وجود دارد یا خیر. حالت صبر و انتظار و خریدهای عمدتاً لحظه‌ای، یا حداکثر سه‌ماهه چهارم و برخی با اوایل سه‌ماهه اول همپوشانی دارند.

۶-۲-۷- ویتامین B3

قیمت‌ها اکنون برای چند هفته پایدار بوده‌اند و تاکنون اکثر خریداران در سه‌ماهه اول و در برخی موارد حتی کمی بیشتر، پوشش را به جلو برده‌اند. قیمت‌ها بسیار پایین هستند و اکنون برای چند هفته کاهش بیشتر را متوقف کرده‌اند. برخی از تأمین‌کنندگان سعی می‌کنند قیمت را کمی افزایش دهند در حالی که برخی دیگر آن را ثابت نگه می‌دارند. تاکنون، موجودی خوب است.

۷-۲-۷- بیوتین

کاهش جزئی قیمت در بیوتین خالص در چین و بنابراین در مواد رقیق شده، به عنوان مثال، در اروپا مشاهده می‌شود. تأمین‌کنندگان همچنان از قیمت پایین فعلی بازار بسیار ناراضی هستند، اما اقدام قابل توجهی برای تغییر وضعیت انجام نمی‌دهند. خریداران آرام هستند و مدتی پیش، تا سال ۲۰۲۶، موقعیت‌های خرید (long) گرفته‌اند.

۸-۲-۷- ویتامین C 35٪

اطلاعات جدید بسیار کمی برای به اشتراک گذاشتن در مورد ویتامین C وجود دارد. اخیراً، قیمت‌ها روند نزولی خود را متوقف کرده و حتی کمی افزایش یافته‌اند، زیرا تأمین‌کنندگان شروع به مقاومت قابل توجهی در برابر کاهش بیشتر قیمت کرده‌اند. بیشتر قراردادهای بلندمدت آتی اکنون منعقد شده‌اند، که به این معنی است که حداقل سه‌ماهه چهارم و بخش خوبی از سه‌ماهه اول تحت پوشش بیمه هستند.

نسخه نهایی

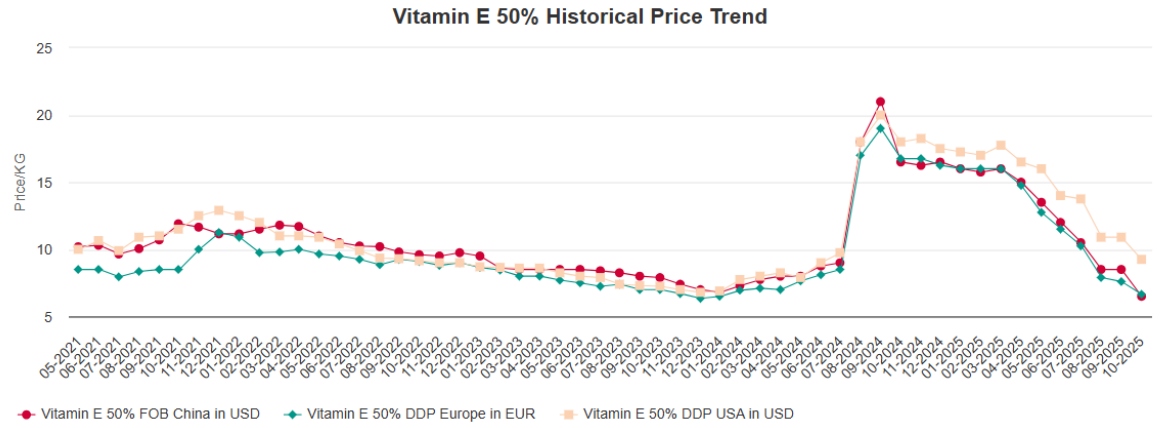
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

VITAMINS

Vitamin E 50%

Vitamin E 50% - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 5,50	€ 5,00	$ 7,75
Q4/Q1 price offer	$ 5,50	€ 5,00	$ 7,50



Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamin E 50%
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	5 - 10 tonnes
Product origin:	Western and Chinese

تفسیر بازار

گاهی اوقات اطلاعات متناقضی وجود دارد.

به طور کلی، اکثر تأمین‌کنندگان در تلاش جدی برای توقف و جلوگیری از کاهش قیمت، تمایلی به ارائه یا افزایش قیمت ندارند. اما در عین حال، بازار همچنان شاهد پیشنهادهای قیمت پایین است، گاهی اوقات با حجم محدود، اما این موضوع روند بازار را تعیین می‌کند.

به نظر می‌رسد بازار کلی ضعیف است، اما مقاومت تأمین‌کنندگان برای کاهش بیشتر قیمت هر روز در حال افزایش است.

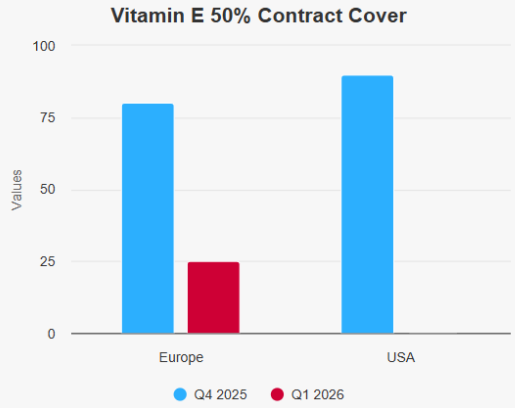
سه‌ماهه چهارم سال با رکود مواجه شده و اکنون بخش خوبی از سه‌ماهه اول نیز با رکود مواجه است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

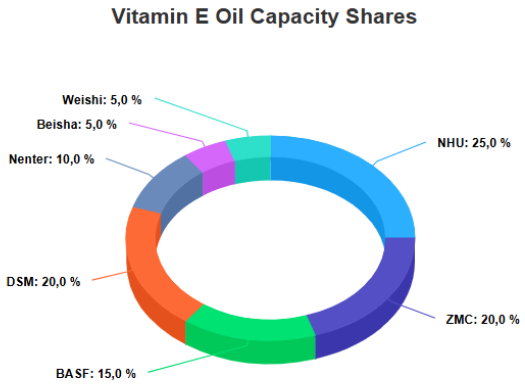
Contract cover

Print PDF

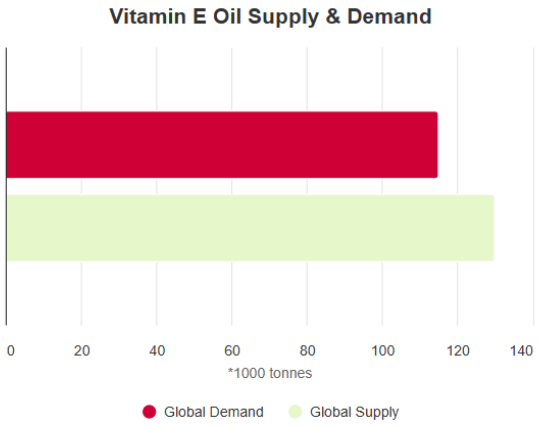


Vitamin E 50%	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	25%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



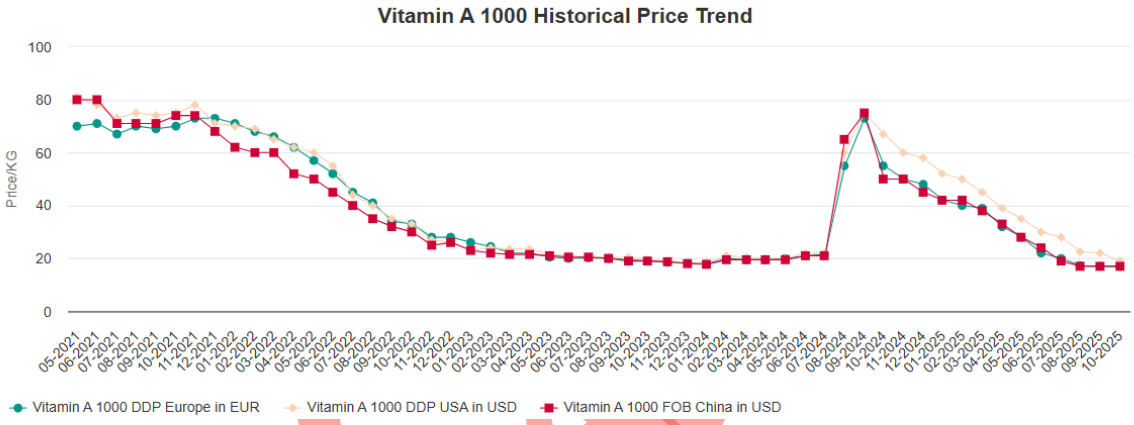
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

VITAMINS

Vitamin A 1000

Vitamin A 1000 - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 16,75	€ 15,50	$ 17,75
Q4/Q1 price offer	$ 16,75	€ 15,50	$ 17,75



Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamin A 1000
Price trend:	Weak
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 tonnes
Product origin:	Western and Chinese

تفسیر بازار

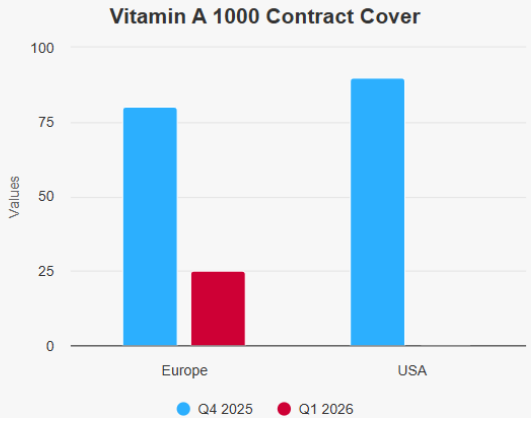
داستانی بسیار مشابه با ویتامین E دارد. افزایش مقاومت در میان تأمین‌کنندگان برای کاهش بیشتر قیمت، زیرا قیمت در حال حاضر بسیار پایین است. اما حداقل در حال حاضر، به نظر می‌رسد که مواد کافی برای حمایت از روند ضعیف فعلی وجود دارد. قیمت‌ها عمدتاً پایدار هستند، اما در بیشتر مناطق لحنی ضعیف دارند. سه‌ماهه چهارم و بخشی از سه‌ماهه اول نیز منقبض شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

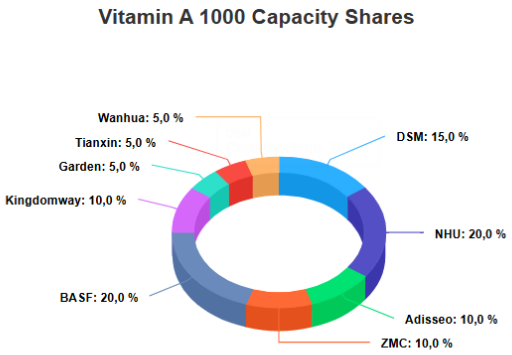
Contract cover

Print PDF

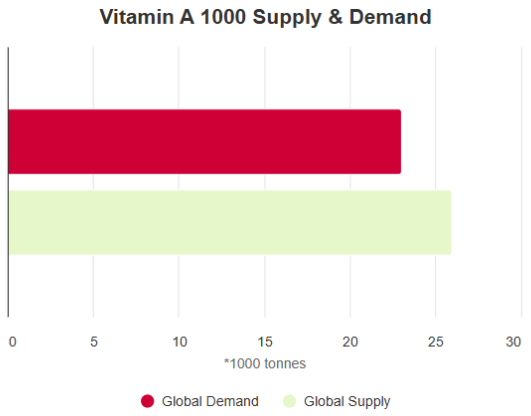


Vitamin A 1000	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	25%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

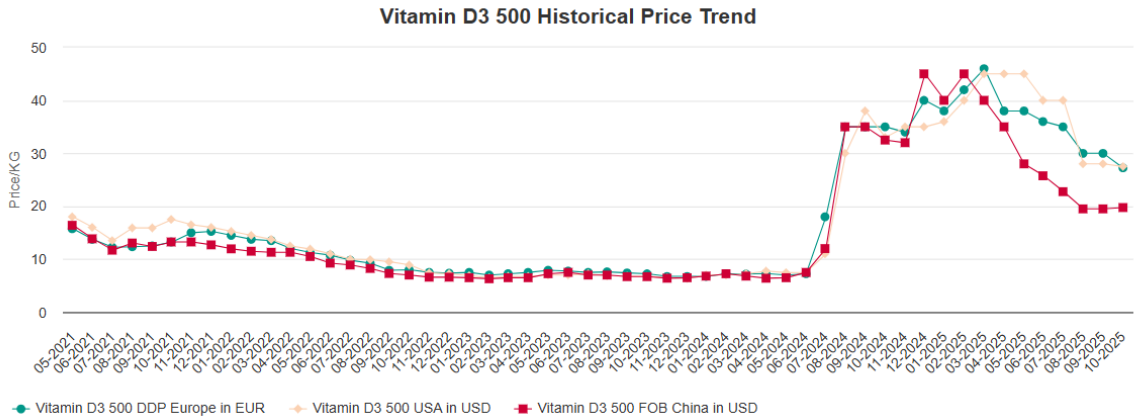
VITAMINS

Vitamin D3 500

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Vitamin D3 500 - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 17,50	€ 20,00	$ 25,00
Q4/Q1 price offer	$ 17,50	€ 19,25	$ 25,00



Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamin D3 500
Price trend:	Weak
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4
Volume of business:	1 - 2 tonnes
Product origin:	Chinese

تفسیر بازار

پس از یک دوره نسبتاً طولانی قیمت بالای ویتامین D3، بازار اکنون در تمام مناطق ضعیف شده و قیمت‌ها گام به گام در حال کاهش هستند.

گزارش شده است که موجودی اکنون در مقایسه با اوایل امسال نیز بهتر شده است.

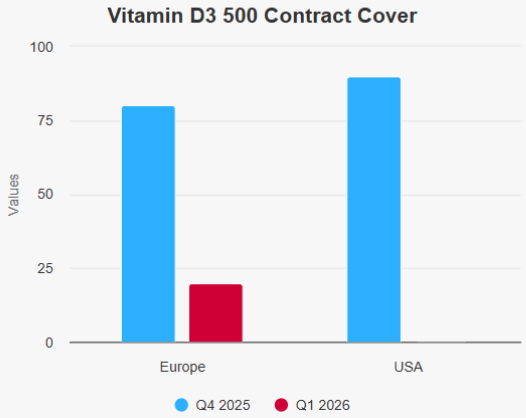
سه‌ماهه چهارم، مدتی پیش، زمانی که قیمت‌ها پایدارتر به نظر می‌رسیدند، قراردادهایی منعقد شده بود، اما هرگونه پوشش اضافی در آینده اکنون توسط خریداران با دقت بسیار بررسی می‌شود و فروشندگان همچنان مشتاق تضمین فروش در حال حاضر هستند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

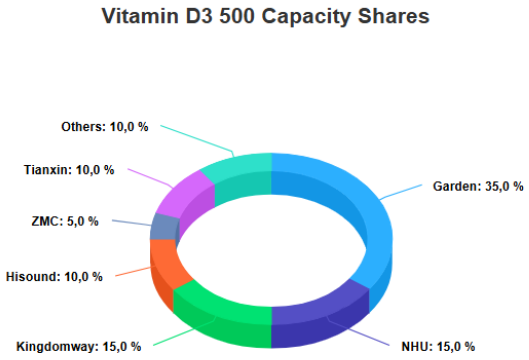
Contract cover

Print PDF

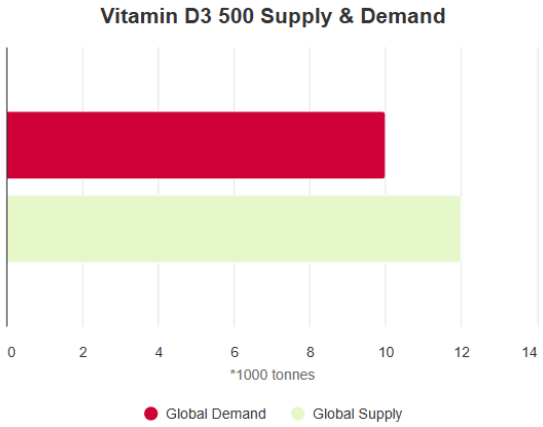


Vitamin D3 500	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	20%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

VITAMINS

Vitamin B2 80%

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Vitamin B2 80% - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 8,80	€ 15,35	$ 12,00
Q4/Q1 price offer	$ 8,80	€ 15,30	$ 12,00

Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamin B2 80%
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 tonnes
Product origin:	Western and Chinese

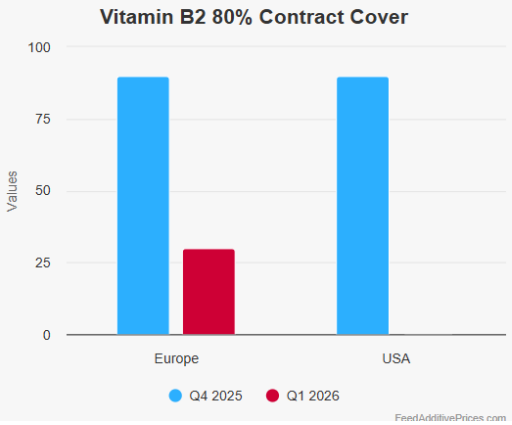
تفسیر بازار

بازار بسیار پایدار و قیمت‌ها پایدار است. با توجه به اینکه تقاضا در داخل و برای صادرات تا حدودی عقب مانده است، کاهش جزئی قیمت در چین مشاهده می‌شود، اما تاکنون هیچ کاهش عمده‌ای رخ نداده است. سه‌ماهه چهارم و بخشی از سه‌ماهه اول قراردادها منعقد شده است.

وب سایت هیات علمی

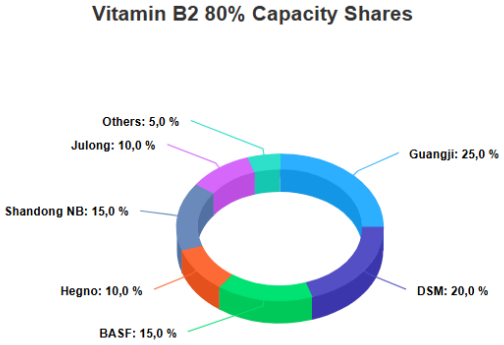
Contract cover

Print PDF

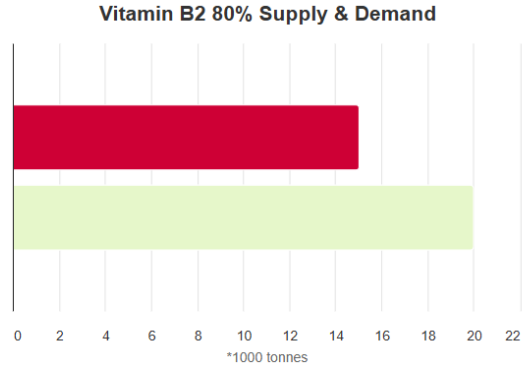


Vitamin B2 80%	Q4 2025	Q1 2026
Europe	90%	30%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



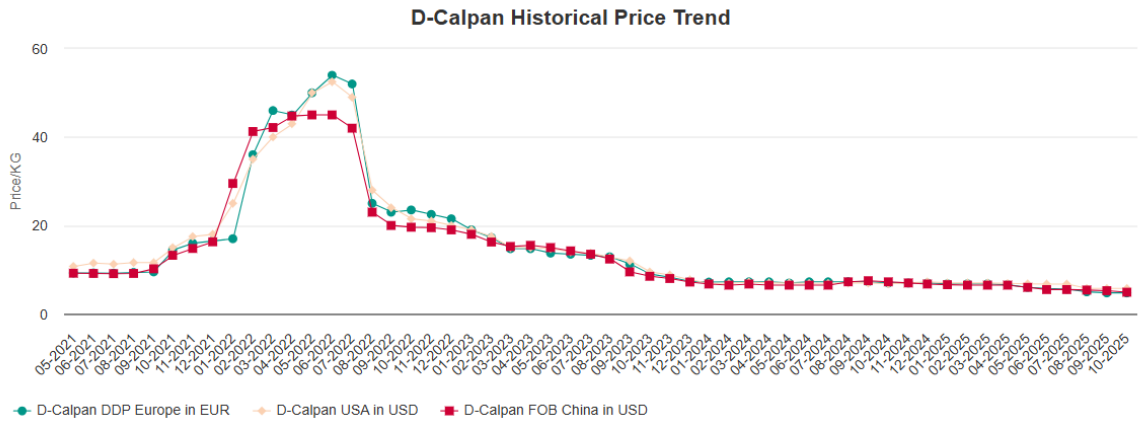
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

VITAMINS

D-Calpan

D-Calpan - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 4,90	€ 4,85	$ 5,70
Q4/Q1 price offer	$ 4,90	€ 4,85	$ 5,70



Main Market Indicators

Market Indicators	D-Calpan
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 tonnes
Product origin:	Chinese

تفسیر بازار

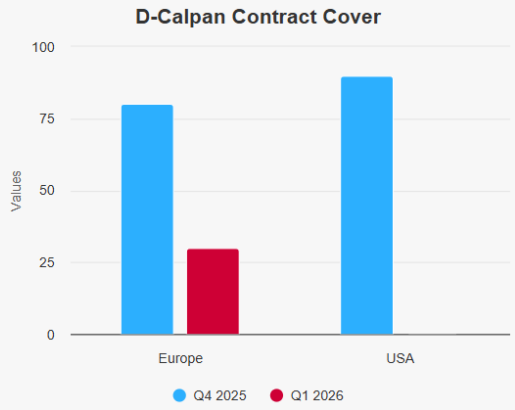
در مقایسه با هفته‌های گذشته تغییر کمی داشته یا اصلاً تغییری نداشته است. قیمت بازار بسیار پایین است و فعلاً تثبیت شده است، اما فعالان بازار اکنون کاملاً متقاعد شده‌اند که آیا کف قیمت از قبل وجود دارد یا خیر. حالت صبر و انتظار و عمدتاً خرید لحظه‌ای، یا حداکثر سه‌ماهه چهارم و برخی موارد تا اوایل سه‌ماهه اول ادامه دارد.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

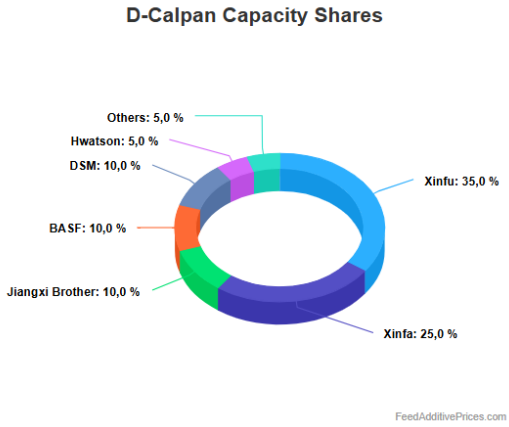
Contract cover

Print PDF

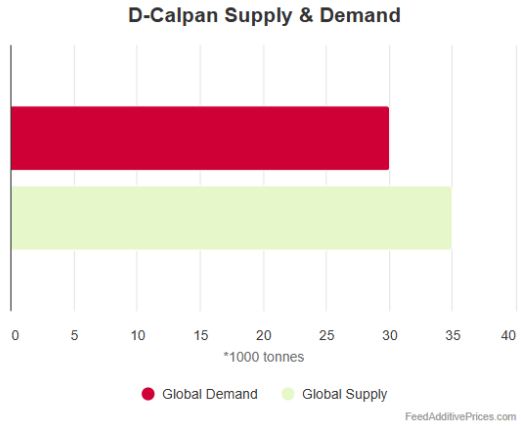


D-Calpan	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	30%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



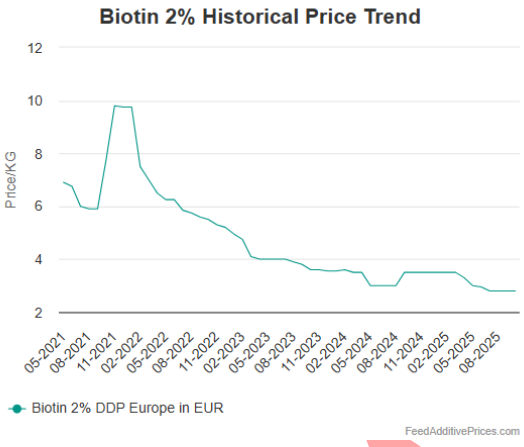
https://heiatelmi.ir

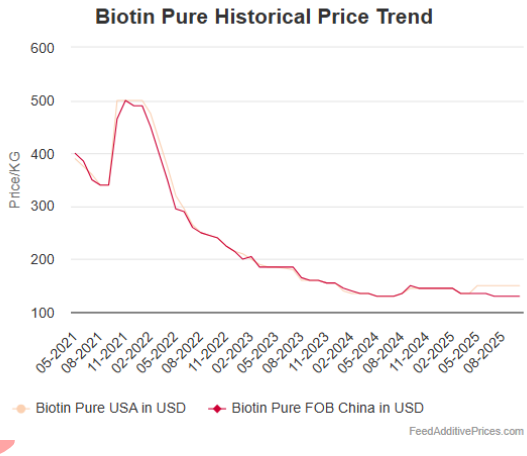
وب سایت هیات علمی

VITAMINS

Biotin

Biotin - Price/KG	FOB China (Biotin Pure)	DDP Europe (Biotin 2%)	DDP USA (Biotin Pure)
Spot market	$ 130,00	€ 2,75	$ 150,00
Q4/Q1 offers	$ 130,00	€ 2,75	$ 150,00





Main Market Indicators

Market Indicators	Biotin
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 tonnes Biotin 2%. 100 kg Biotin pure
Product origin:	Chinese

تفسیر بازار

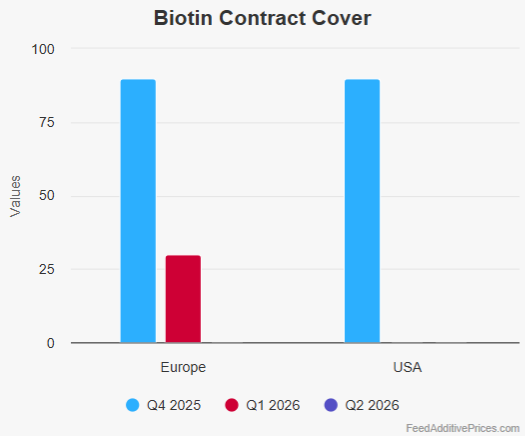
کاهش جزئی قیمت بیوتین خالص در چین و بنابراین در مواد رقیق شده، به عنوان مثال در اروپا، مشاهده می‌شود. تامین‌کنندگان همچنان از قیمت پایین فعلی بازار بسیار ناراضی هستند، اما اقدام قابل توجهی نیز برای تغییر وضعیت انجام نمی‌دهند. خریداران آرام هستند و مدتی پیش، تا سال ۲۰۲۶، موقعیت‌های خرید (long positions) را اتخاذ کرده‌اند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

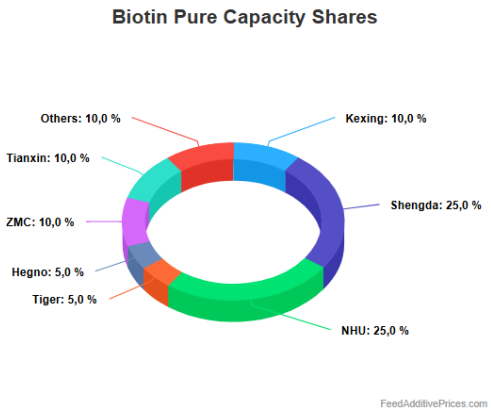
Contract cover

Print PDF

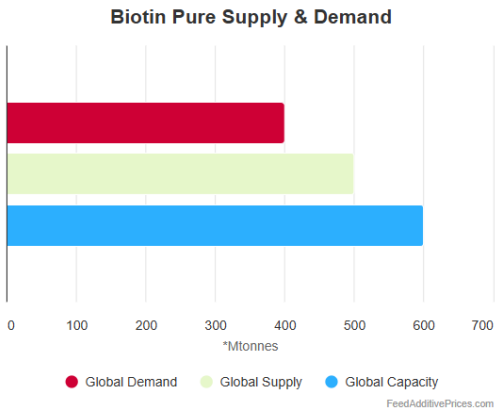


Biotin	Q4 2025	Q1 2026	Q2 2026
Europe	90%	30%	0%
USA	90%	0%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



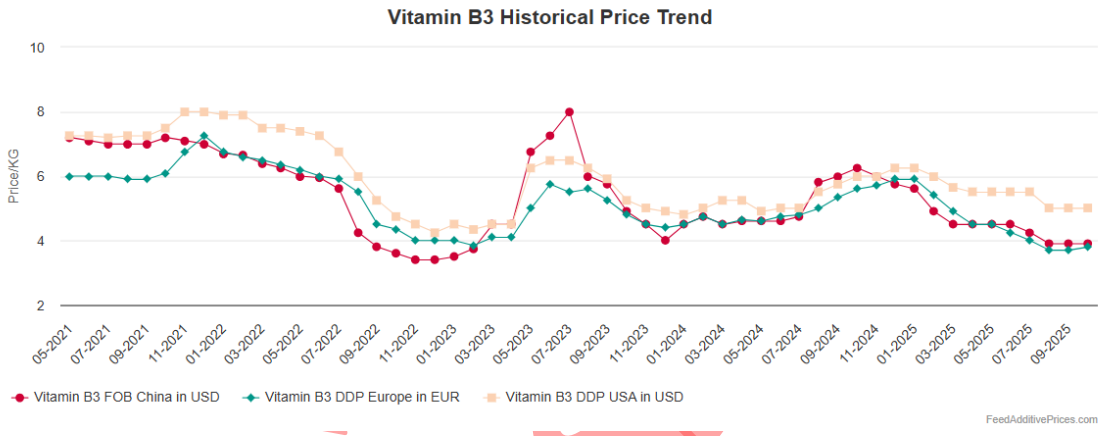
https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

VITAMINS

Vitamin B3

Vitamin B3 - Price/KG	FOB China to EU	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 3,95	€ 3,95	$ 4,80
Q4/Q1 price offer	$ 3,95	€ 3,95	$ 4,80



Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamin B3
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	3 - 5 tonnes
Product origin:	All regions

تفسیر بازار

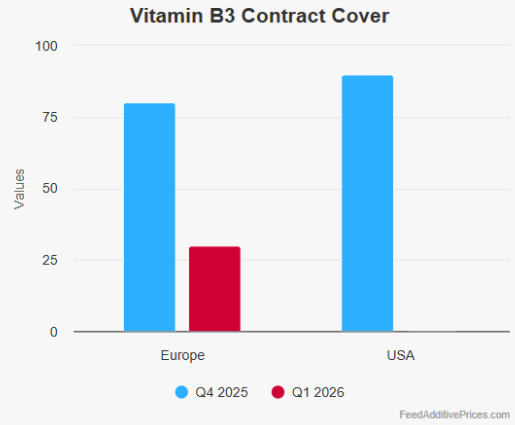
قیمت‌ها اکنون برای چند هفته ثابت بوده‌اند و تاکنون اکثر خریداران در سه‌ماهه اول و در برخی موارد حتی کمی بیشتر، خریدهای خود را انجام داده‌اند. قیمت‌ها بسیار پایین هستند و اکنون چند هفته است که روند کاهشی آنها متوقف شده است. برخی از تأمین‌کنندگان سعی می‌کنند قیمت را کمی افزایش دهند در حالی که برخی دیگر آن را ثابت نگه می‌دارند. تاکنون، موجودی کالا مناسب بوده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

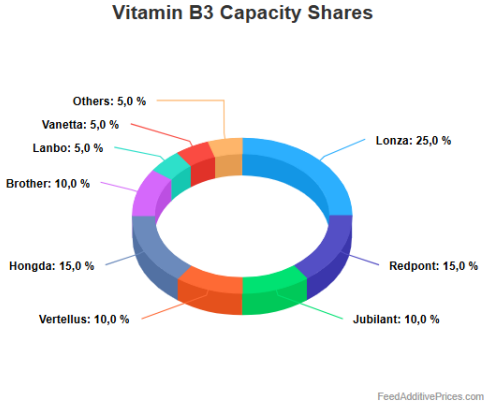
Contract cover

Print PDF

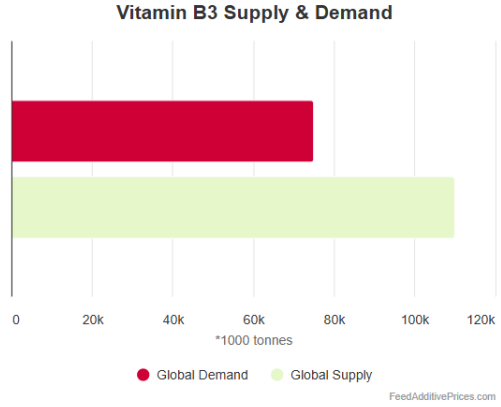


Vitamin B3	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	30%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

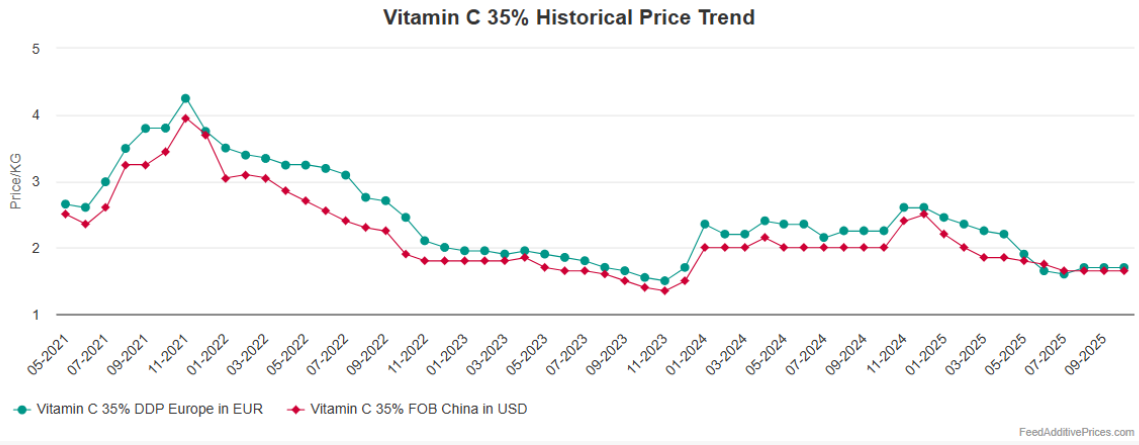
VITAMINS

Vitamin C 35%

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Vitamin C 35% - Price/KG	FOB China	DDP Europe
Spot market	$ 1,70	€ 1,75
Q4/Q1 price offer	$ 1,70	€ 1,75



Main Market Indicators

Market Indicators	Vitamine C 35%
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	3 - 5 tonnes
Product origin:	Chinese

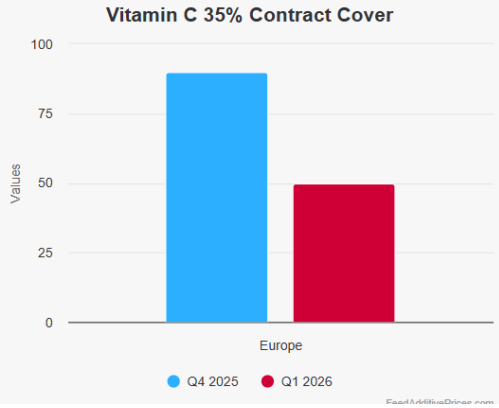
تفسیر بازار

اطلاعات جدید بسیار کمی برای به اشتراک گذاشتن در مورد ویتامین C وجود دارد. اخیراً، کاهش قیمت‌ها متوقف شده و حتی اندکی افزایش یافته است، زیرا تأمین‌کنندگان شروع به مقاومت قابل توجهی در برابر کاهش بیشتر قیمت کرده‌اند. اثر قراردادهای بلندمدت آتی اکنون منعقد شده‌اند، به این معنی که حداقل سه‌ماهه چهارم و بخش خوبی از سه‌ماهه اول پوشش داده شده‌اند.

وب سایت هیات علمی

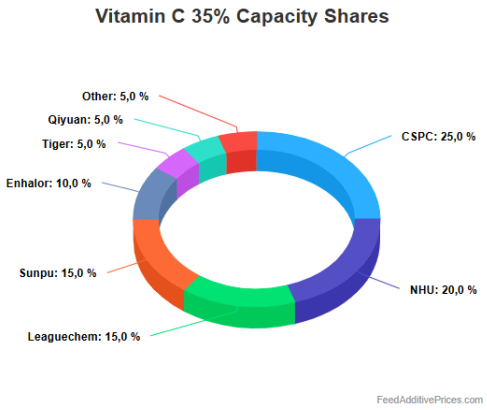
Contract cover

Print PDF

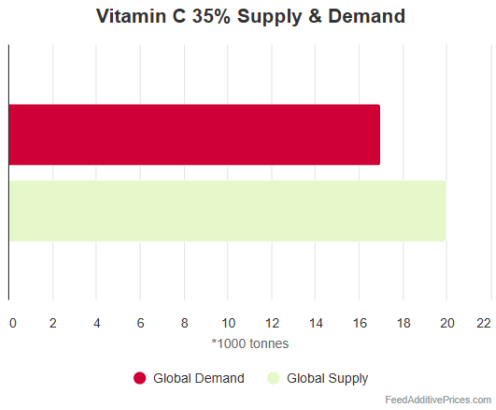


Vitamin C 35%	Q4 2025	Q1 2026
Europe	90%	50%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

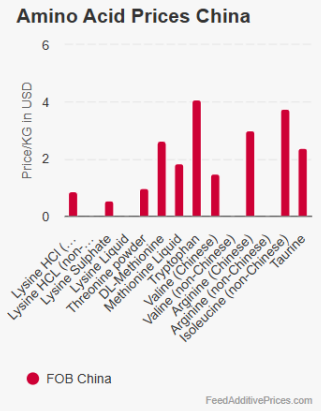
وب سایت هیات علمی

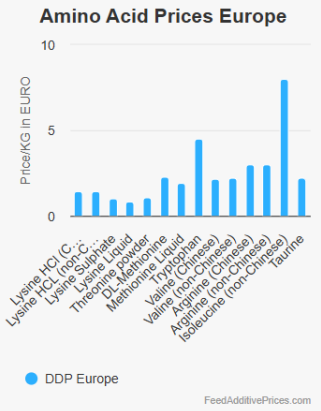
AMINO ACIDS

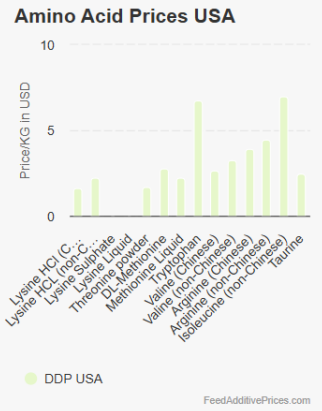
Global Overview

Amino Acids - Price/KG	Price Trend	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe	DDP USA
Lysine HCl (Chinese)	Stable to weak	$ 0,85	$ 0,85	€ 1,45	$ 1,60
Lysine HCL (non-Chinese)	Stable	$ -	$ -	€ 1,47	$ 2,20
Lysine Sulphate	Stable to weak	$ 0,55	$ 0,56	€ 1,05	$ -
Lysine Liquid	Stable	$ -	$ -	€ 0,86	$ -
Threonine powder	Stable to weak	$ 0,98	$ 0,99	€ 1,06	$ 1,70
DL-Methionine	Stable	$ 2,65	$ 2,65	€ 2,30	$ 2,80
Methionine Liquid	Stable	$ 1,85	$ 1,85	€ 1,90	$ 2,20
Tryptophan	Stable to weaker	$ 4,10	$ 4,30	€ 4,50	$ 6,75
Valine (Chinese)	Stable	$ 1,50	$ 1,55	€ 2,15	$ 2,65
Valine (non-Chinese)	Stable	$ -	$ -	€ 2,20	$ 3,25
Arginine (Chinese)	Stable	$ 3,00	$ 3,00	€ 3,00	$ 3,90
Arginine (non-Chinese)	Stable	$ -	$ -	€ 3,00	$ 4,45
Isoleucine (non-Chinese)	Stable	$ 3,75	$ 3,75	€ 8,00	$ 7,00
Taurine	Stable	$ 2,40	$ 2,40	€ 2,25	$ 2,45

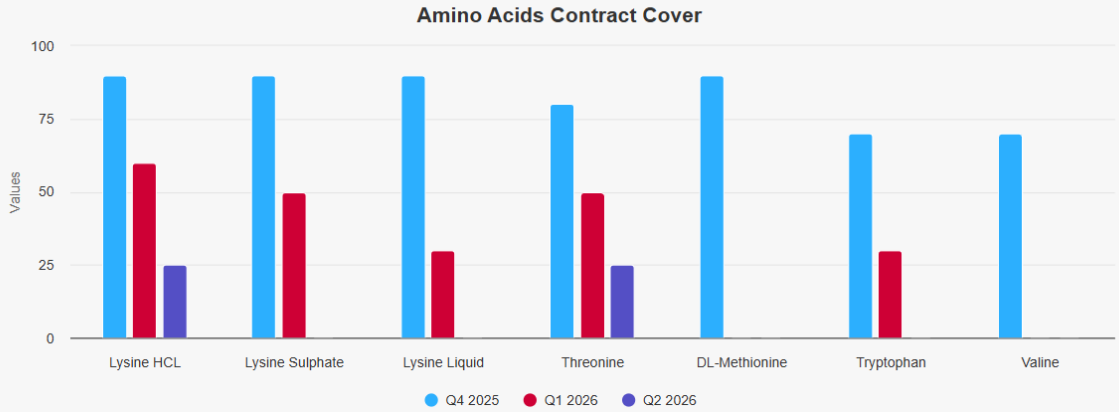
Regional Price Graphs







Contract Cover



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

۳-۷- تفسیر بازار

۱-۳-۷- لیزین

قیمت‌های FOB چین این هفته دوباره کمی ضعیف‌تر شده‌اند. اما در مناطق دیگر نیز، قیمت‌ها در مقایسه با هفته‌های گذشته عمدتاً ضعیف‌تر هستند. در حال حاضر، عرضه بیش از حد، عامل اصلی است. در اروپا، چشم‌ها به مقررات سویای EURDR دوخته شده است و در ایالات متحده، چشم‌ها به اخبار مربوط به ضد دامپینگ لیزین دوخته شده است. به دلیل قیمت‌های بسیار پایین، بخش بزرگی از سه‌ماهه اول در حال حاضر با انقباض مواجه شده است و برخی از علاقه‌مندی‌ها نیز در سه‌ماهه دوم وجود دارد.

۲-۳-۷- ترئونین

قیمت‌ها تاکنون در این هفته ثابت مانده‌اند، اگرچه در سطح بسیار پایینی حرکت می‌کنند. سه‌ماهه چهارم با انقباض مواجه شده است، اما بخش خوبی از سه‌ماهه اول هنوز باز است، زیرا خریداران پیش‌بینی می‌کنند که قیمت‌ها در دوره آینده بیشتر کاهش یابد. در حال حاضر بازار بسیار آرام است.

۳-۳-۷- DL-متیونین

عمدتاً بازاری آرام و پایدار است. قیمت‌های نقدی کمی ضعیف‌تر در اروپا این هفته مشاهده شد، اما در کل، تغییر چندانی نداشت یا تغییر چندانی نداشت. آخرین بخش تعمیر و نگهداری کارخانه انجام شد. سه ماهه چهارم قرارداد بسته شده است و نه فروشندگان و نه خریداران هنوز برای سه ماهه اول خیلی فعال نیستند.

۴-۳-۷- تریپتوفان

الگوی مشابه برای چندین هفته است. بازار بسیار ضعیف و فشار فروش قوی. اگرچه برخی از تأمین‌کنندگان اکنون شروع به مقاومت بیشتری کرده‌اند، زیرا قیمت برای ادامه پایدار بسیار پایین آمده است. در حال حاضر، خریداران و فروشندگان عمدتاً در بازار نقدی فعالیت می‌کنند و با وجود قیمت بسیار پایین، هنوز هیچ قرارداد بلندمدتی منعقد نشده است. سه ماهه چهارم عمدتاً قرارداد بسته شده است.

۵-۳-۷- والین

پس از کاهش اخیر قیمت، بازار این هفته آرام‌تر است. اما سطح فعالیت نیز در همه مناطق بسیار پایین است. ظرفیت‌های جدید در ماه‌ها/سال آینده به بازار می‌آیند که منجر به بازار محتاطانه‌ای از سوی خریدار می‌شود. فروشندگان همچنان مشتاق حفظ سهم خاصی از بازار هستند. سه ماهه چهارم قرارداد بسته شده است، اما سه ماهه اول هنوز عمدتاً باز است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

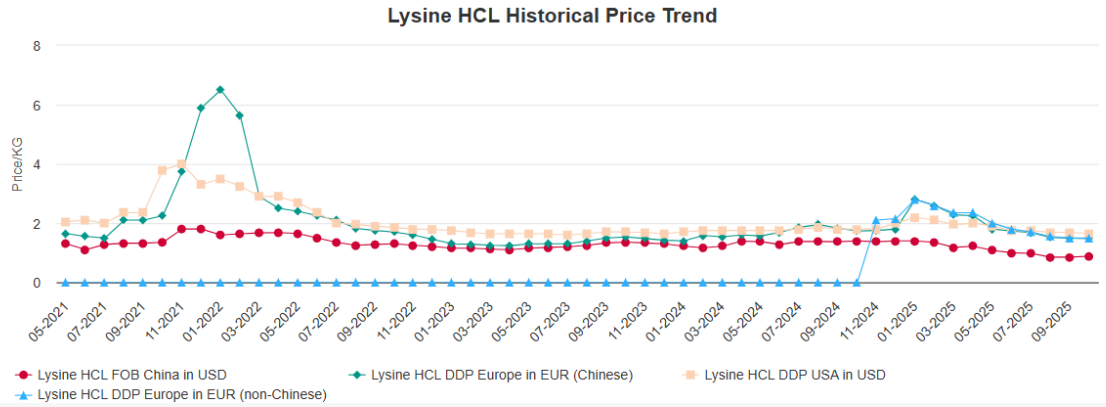
AMINO ACIDS

Lysine hcl

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Lysine HCL - Price/KG	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe (Chinese)	DDP Europe (non-Chinese)	DDP USA
Spot market	$ 0,85	$ 0,85	€ 1,45	1,47	$ 1,60
Q4 price offer	$ 0,85	$ 0,85	€ 1,45	1,47	$ 1,60
Q1 price offer	$ -	$ -	€ 1,45	1,47	$ 1,58



Main Market Indicators

Market Indicators	Lysine HCL
Price trend:	Stable to weaker
Market activity:	Some activity
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	50 - 100 mtonnes
Product origin:	Chinese / non-Chinese

تفسیر بازار

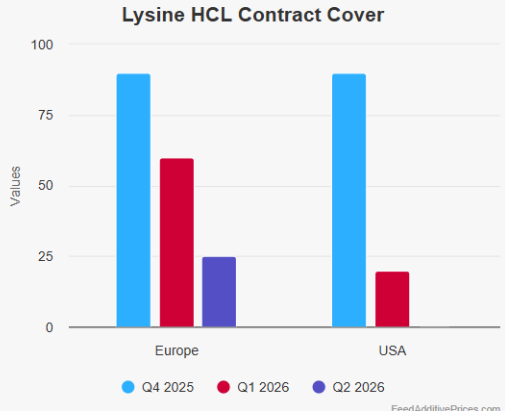
قیمت‌های FOB چین این هفته دوباره کمی ضعیف‌تر شده‌اند. اما در مناطق دیگر نیز، قیمت‌ها در مقایسه با هفته‌های گذشته عمدتاً ضعیف‌تر هستند. عرضه بیش از حد همچنان عامل اصلی است. در اروپا، چشم‌ها به مقررات سویای EURDR دوخته شده است و در ایالات متحده، چشم‌ها به اخبار مربوط به ضد دامپینگ لیزین دوخته شده است. به دلیل قیمت‌های بسیار پایین، بخش بزرگی از سه‌ماهه اول در حال حاضر با قراردادهایی منعقد شده است و برخی از علاقه‌مندی‌ها نیز در سه‌ماهه دوم ادامه خواهد داشت.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

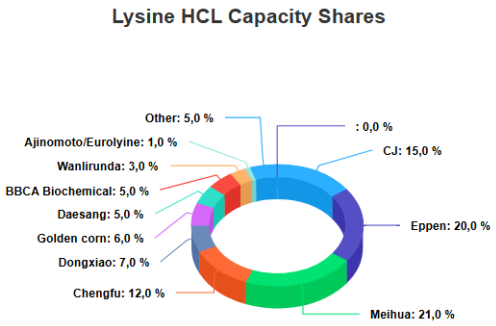
Contract cover

Print PDF

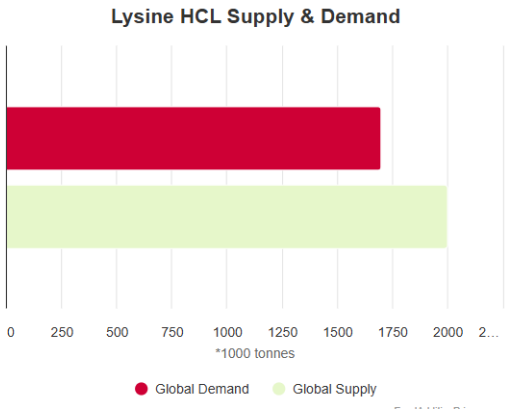


Lysine HCL	Q4 2025	Q1 2026	Q2 2026
Europe	90%	60%	25%
USA	90%	20%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

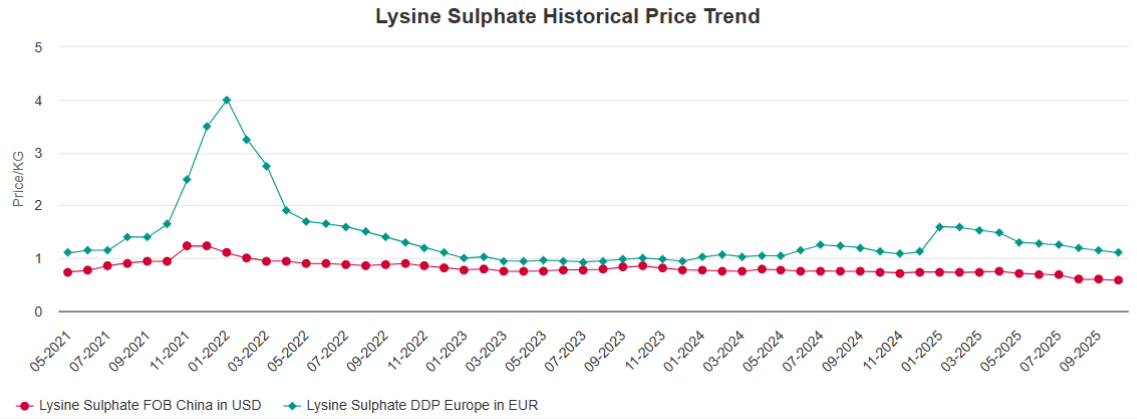
AMINO ACIDS

Lysine sulphate

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Lysine Sulphate - Price/KG	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe
Spot market	$ 0,55	$ 0,56	€ 1,05
Q4 price offer	$ 0,55	$ 0,56	€ 1,05
Q1 price offer	$ -	$ -	€ 1,04



Main Market Indicators

Market Indicators	Lysine Sulphate
Price trend:	Stable to weak
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	50 - 100 mtonnes
Product origin:	Chinese

تفسیر بازار

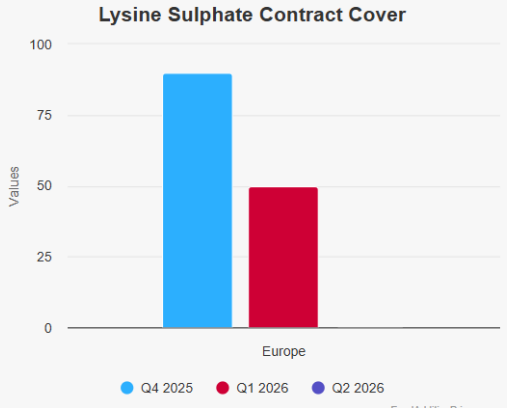
بازار ضعیف، علیرغم قیمت‌های بسیار پایین فوب چین. یک تامین‌کننده اصلی چینی، لیزین سولفات ۸۰ را به بازار معرفی می‌کند و این امر فشار قیمتی رو به پایینی بر لیزین سولفات ۷۰ سنتی وارد می‌کند. لیزین سولفات در مقایسه با لیزین هیدروکلراید، در حال حاضر نسبتاً گران است و منجر به عرضه بیش از حد سولفات می‌شود. به دلیل قیمت بسیار پایین، در سه‌ماهه چهارم و بیشتر سه‌ماهه اول، قراردادها منعقد شده‌اند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

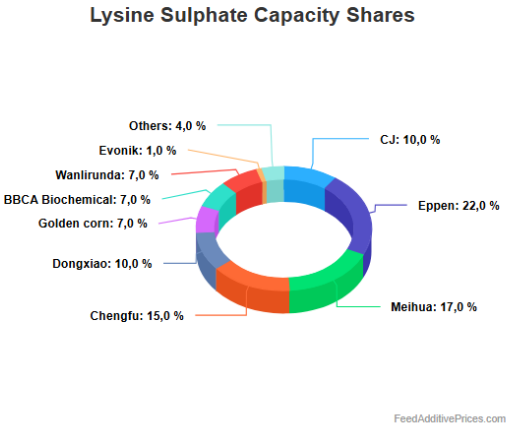
Contract cover

Print PDF

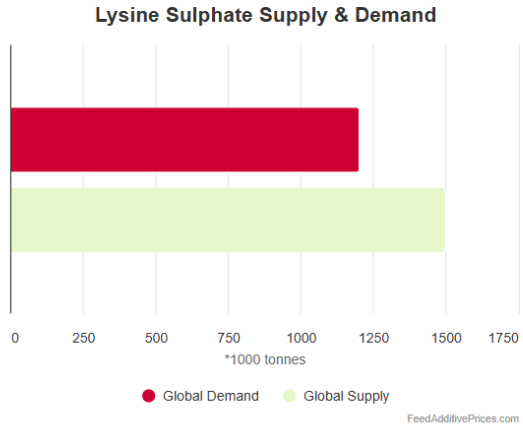


Lysine Sulphate	Q4 2025	Q1 2026	Q2 2026
Europe	90%	50%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

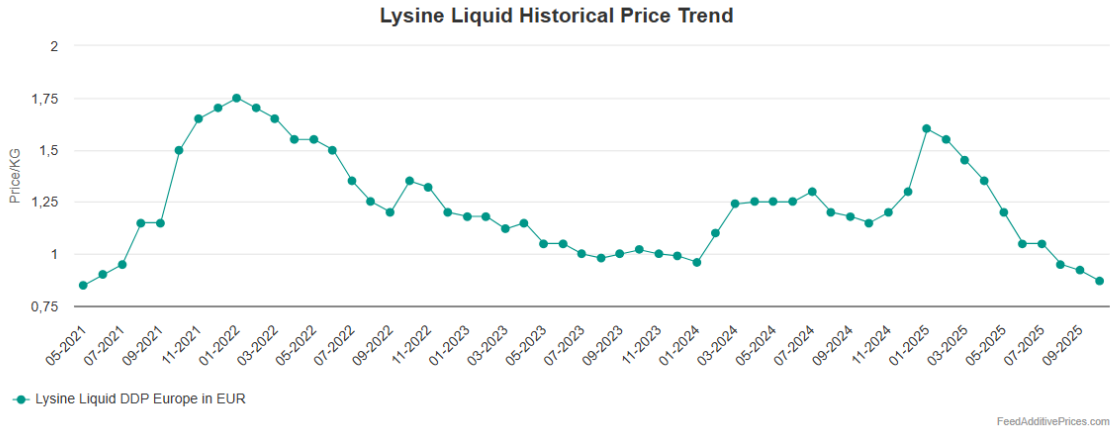
AMINO ACIDS

Lysine liquid

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Lysine Liquid - Price/KG	DDP Europe
Spot market	€ 0,86
Q4/Q1 price offer	€ 0,86



Main Market Indicators

Market Indicators	Lysine Liquid
Price trend:	Stable
Market activity:	Some activity
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	Multi truck loads
Product origin:	Western

تفسیر بازار

در اروپا، لیزین مایع پس از وضع مقررات ضد دامپینگ، دوباره جایگاه خود را پیدا کرده است. تولیدکنندگان یا در حال واردات هستند یا تولید را گام به گام افزایش می‌دهند، اگرچه سطح پایین قیمت فعلی در درازمدت ایده‌آل نیست. قیمت کمی پایین‌تر از پودر لیزین هیدروکلراید است که بر اساس محتوای لیزین فعال محاسبه شده است.

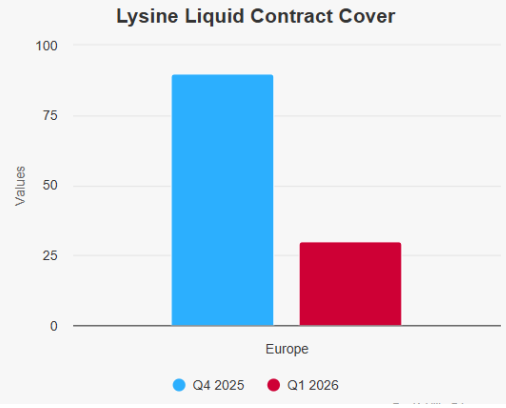
قراردادهای سه‌ماهه چهارم و بخشی از سه‌ماهه اول نیز منعقد شده است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

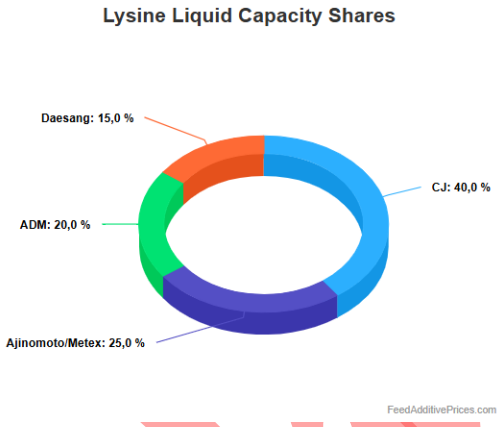
Contract cover

Print PDF

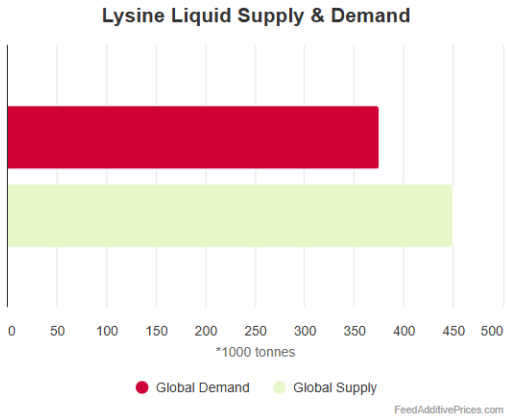


Lysine Liquid	Q4 2025	Q1 2026
Europe	90%	30%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

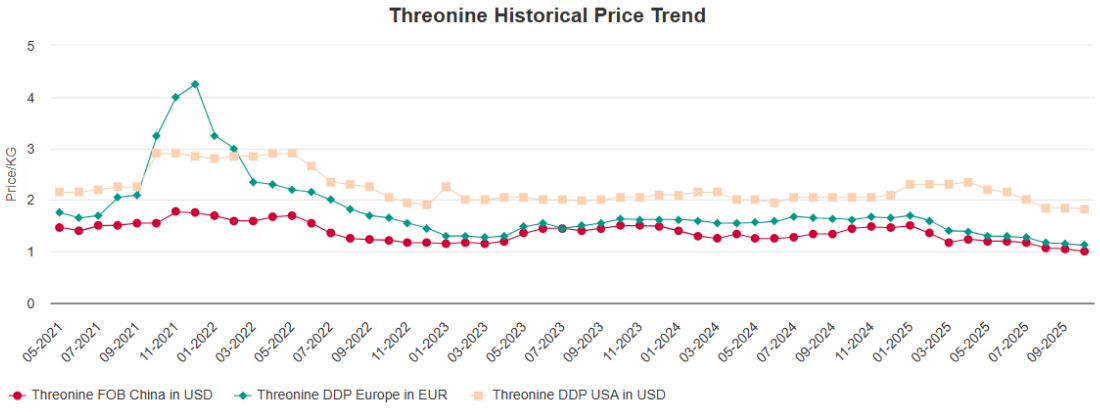
AMINO ACIDS

Threonine

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Threonine powder - Price/KG	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 0,98	$ 0,99	€ 1,06	$ 1,70
Q4 price offer	$ 0,98	$ 0,99	€ 1,06	$ 1,70
Q1 price offer	$ -	$ -	€ 1,05	$ 1,70



Main Market Indicators

Market Indicators	Threonine
Price trend:	Stable to weak
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 truckloads
Product origin:	Chinese

تفسیر بازار

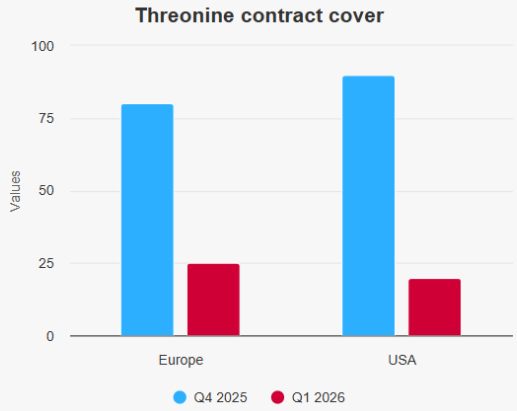
قیمت‌ها تاکنون در این هفته ثابت مانده‌اند، اگرچه در سطح بسیار پایینی حرکت می‌کنند. سه‌ماهه چهارم با رکود مواجه شده است، اما بخش خوبی از سه‌ماهه اول هنوز باز است، زیرا خریداران پیش‌بینی می‌کنند که قیمت‌ها در دوره آینده بیشتر کاهش یابد. در حال حاضر بازار بسیار آرام است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

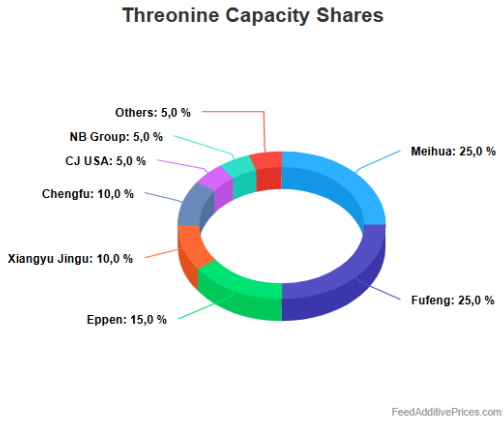
Contract cover

Print PDF

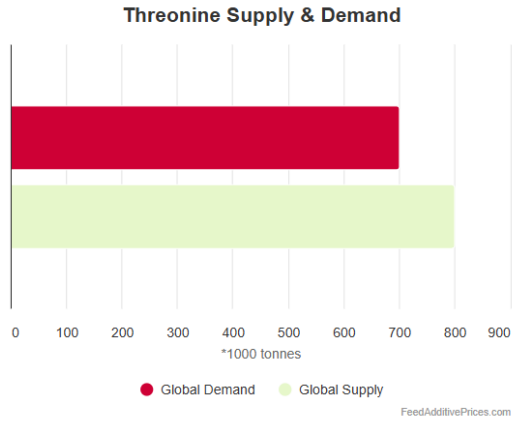


Threonine	Q4 2025	Q1 2026
Europe	80%	25%
USA	90%	20%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

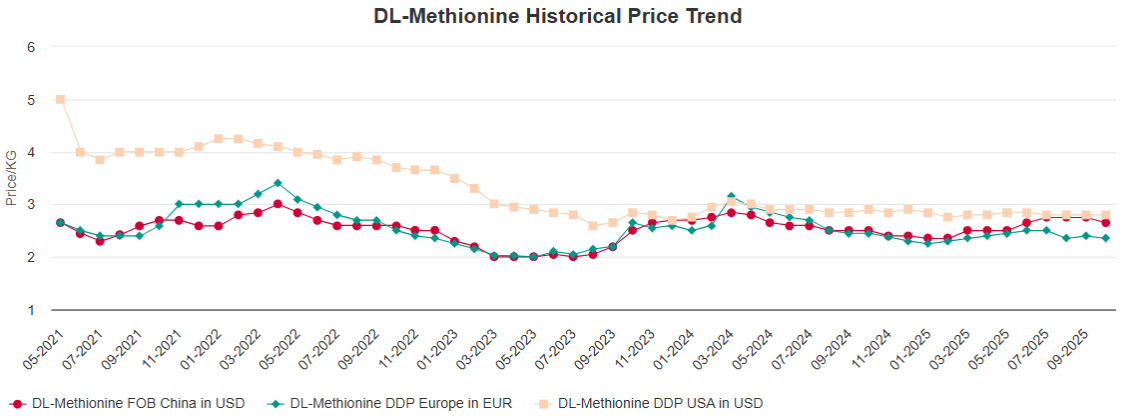
AMINO ACIDS

DL-Methionine

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

DL-Methionine - Price/KG	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 2,65	€ 2,30	$ 2,80
Q4/Q1 price offer	$ 2,65	€ 2,30	$ 2,80



Main Market Indicators

Market Indicators	DL-Methionine
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4
Volume of business:	1 - 2 truckloads
Product origin:	Western and Chinese

تفسیر بازار

بازار عمدتاً آرام و باثبات است. این هفته قیمت‌های نقدی در اروپا کمی ضعیف‌تر دیده شد، اما در کل، تغییر چندانی نداشت یا اصلاً تغییر نکرد.

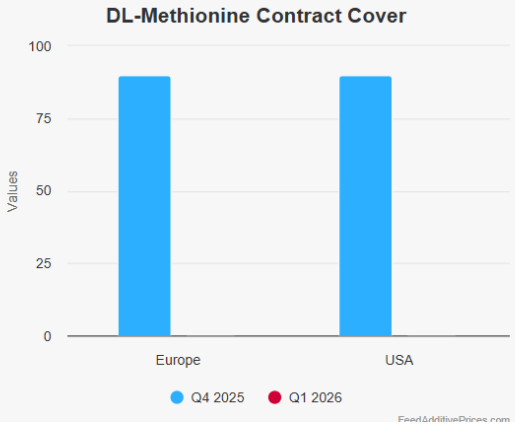
آخرین بخش تعمیر و نگهداری کارخانه انجام شد. قراردادهای سه‌ماهه چهارم بسته شده است و نه فروشندگان و نه خریداران هنوز برای سه‌ماهه اول فعالیت زیادی ندارند.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

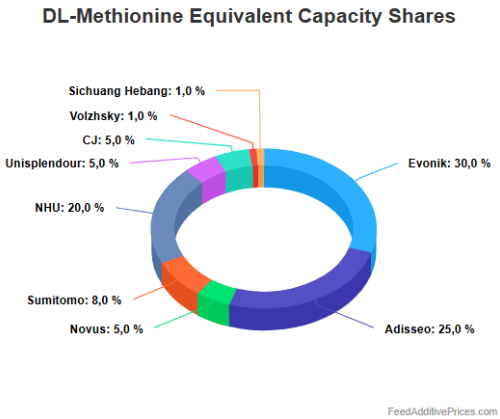
Contract cover

Print PDF

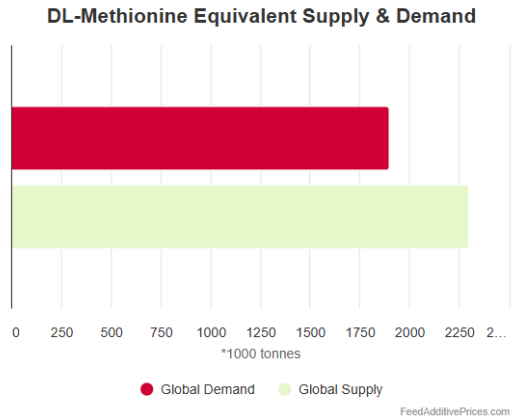


DL-Methionine	Q4 2025	Q1 2026
Europe	90%	0%
USA	90%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

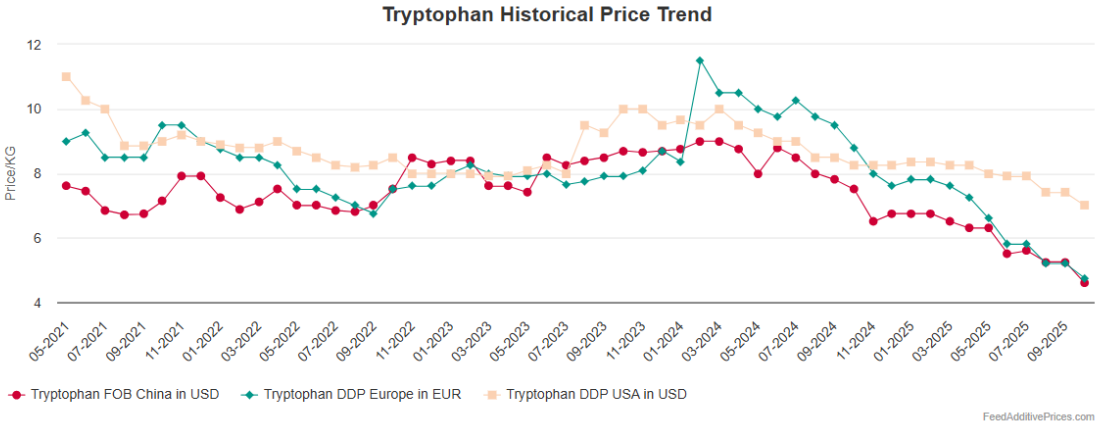
AMINO ACIDS

Tryptophan

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Tryptophan - Price/KG	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe	DDP USA
Spot market	$ 4,10	$ 4,30	€ 4,50	$ 6,75
Q4/Q1 price offer	$ 4,10	$ 4,30	€ 4,50	$ 6,75



Main Market Indicators

Market Indicators	Tryptophan
Price trend:	Stable to weaker
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4
Volume of business:	3 - 5 tonnes
Product origin:	Western and Chinese

تفسیر بازار

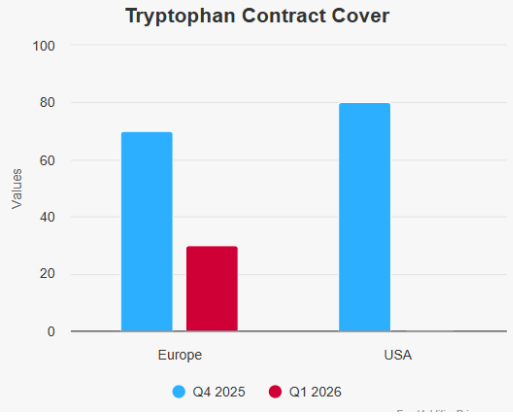
الگوی مشابه برای چندین هفته است. بازار بسیار ضعیف و فشار فروش قوی. اگرچه برخی از تأمین‌کنندگان اکنون شروع به مقاومت بیشتری کرده‌اند، زیرا قیمت برای ادامه پایدار بسیار پایین آمده است. در حال حاضر، خریداران و فروشندگان عمدتاً در بازار نقدی فعالیت می‌کنند و با وجود قیمت بسیار پایین، هنوز هیچ قرارداد بلندمدتی منعقد نشده است. سه‌ماهه چهارم عمدتاً قراردادی است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

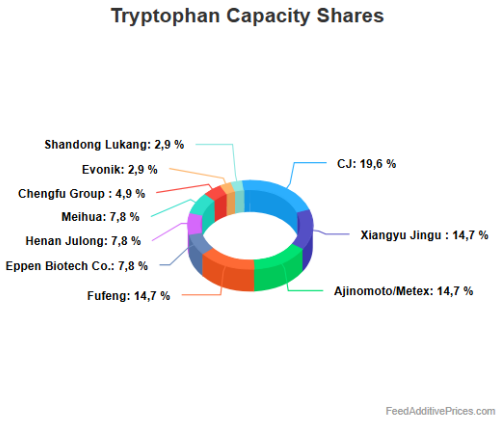
Contract cover

Print PDF

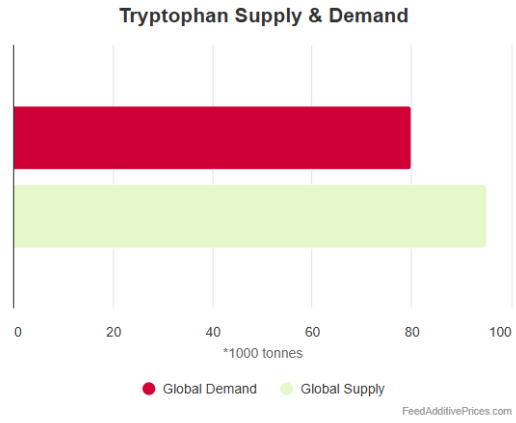


Tryptophan	Q4 2025	Q1 2026
Europe	70%	30%
USA	80%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

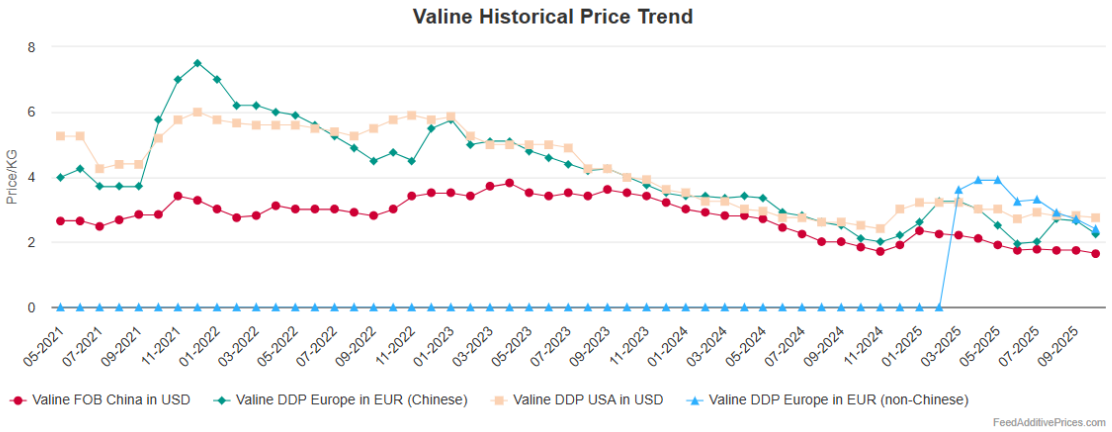
AMINO ACIDS

Valine

Market and contract prices – October 28, 2025

Print PDF

Valine - Price/KG	FOB China to non-EU	FOB China to EU	DDP Europe (Chinese)	DDP Europe (non-Chinese)	DDP USA
Spot market	$ 1,50	$ 1,55	€ 2,15	€ 2,20	$ 2,65
Q4 price offer	$ 1,50	$ 1,55	€ 2,15	€ 2,20	$ 2,65
Q1 price offer	$ -	$ -	€ 2,10	€ 2,20	$ 2,65



Main Market Indicators

Market Indicators	Valine
Price trend:	Stable
Market activity:	Quiet
Type of business:	Q4/Q1
Volume of business:	1 - 2 tonnes
Product origin:	Western and Chinese

تفسیر بازار

پس از کاهش اخیر قیمت‌ها، بازار این هفته آرام‌تر است. اما سطح فعالیت در همه مناطق نیز بسیار پایین است. ظرفیت‌های جدید در ماه‌ها/سال آینده به بازار عرضه می‌شوند که منجر به بازار محتاطانه‌ای از سوی خریداران می‌شود. فروشندگان همچنان مشتاق حفظ سهم مشخصی از بازار هستند.

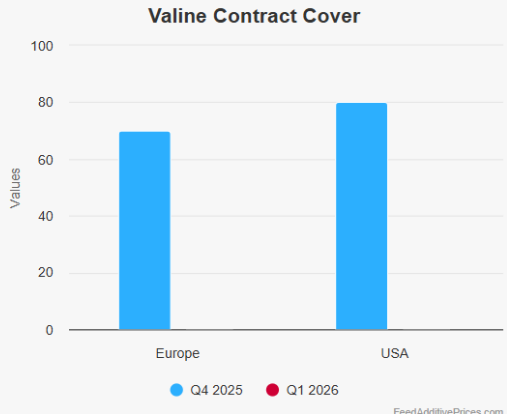
سه‌ماهه چهارم با کاهش قیمت مواجه شده است، اما سه‌ماهه اول هنوز عمدتاً باز است.

https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

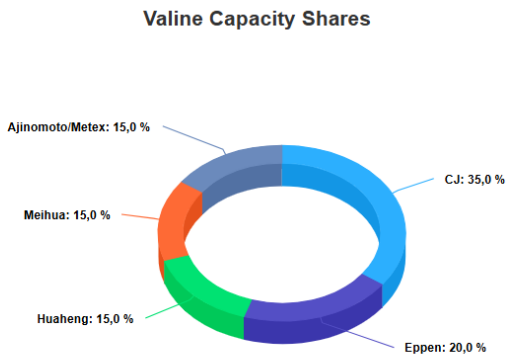
Contract cover

Print PDF

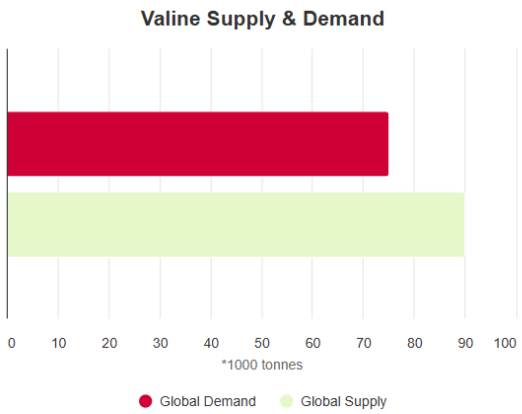


Valine	Q4 2025	Q1 2026
Europe	70%	0%
USA	80%	0%

Manufacturer Capacity Share



Global Supply & Demand



https://heiatelmi.ir

وب سایت هیات علمی

OTHER ADDITIVES

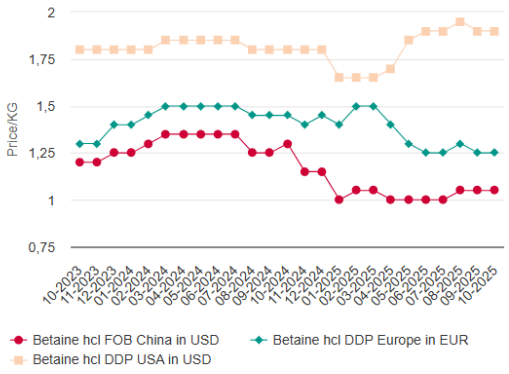
Global Overview

Regional Prices – October 2025

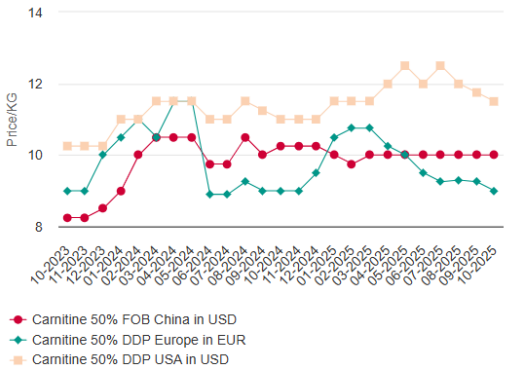
Print Excel PDF

Other Additives - Price/KG	Price Trend	FOB China	DDP Europe	DDP USA
Betaine hcl	Stable	$ 1,10	€ 1,25	$ 1,90
Carnitine 50%	Stable	$ 10,00	€ 9,00	$ 11,50
Inositol	Stable to weak	$ 3,30	€ 3,25	$ 4,75
Manganese sulphate	Stable	$ 0,50	€ 0,75	$ 1,10
Copper sulphate	Stable to weaker	$ 2,60	€ 2,75	$ 3,00
Ferrous sulphate	Stable	$ 0,40	€ 0,36	$ 0,83

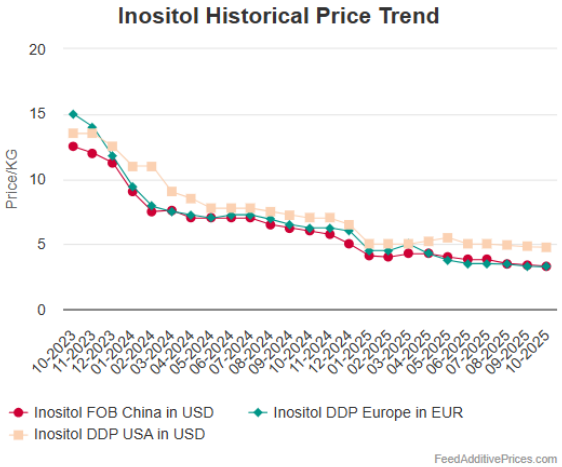
Betaine hcl Historical Price Trend



Carnitine 50% Historical Price Trend



Inositol Historical Price Trend



https://heiatelmi.ir