

بیوپلیمرهای میکروبی

بیوپلیمرها ترکیباتی هستند که توسط موجودات زنده تولید می شوند. این ترکیبات زیست تخریب پذیر، تجدید پذیر و طبیعی بوده و به دلیل ویژگی‌های خاص دارای کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف هستند. پلی نوکلئوتیدها، پلی پپتیدها و پلی ساکاریدها از جمله بیوپلیمرهایی هستند که توسط میکروارگانیسم ها تولید میشوند. باکتری ها طیف وسیعی از پلیمرهای خارج سلولی و تعدادی پلیمر درون سلولی را سنتز می کنند که این پلیمرها عملکردهای زیستی مختلفی را انجام می دهند. علاوه بر باکتری ها قارچ ها به عنوان تولید کننده پلیمرهای زیستی شناخته میشوند که این ترکیبات نسبت به پلیمرهای باکتریایی کمتر شناخته شده است. اندازه بازار جهانی پلیمرهای زیستی در سال 2022 حدود 33 میلیارد دلار ارزیابی شد و انتظار می رود تا سال 2032 به حدود 90/78 میلیارد دلار برسد که در دوره پیش بینی 2023 تا 2032 با نرخ رشد مرکب سالانه 10/7٪ (CAGR) درصد رشد کند.

اگزوپلی ساکاریدها و پلی ساکارید

یکی از چهار دسته اصلی پلیمرهای تولید شده توسط میکروارگانیسم ها اگزوپلی ساکاریدها (EPSS) هستند که عملکرد زیستی مختلفی دارند. از دهه 1960، برخی از پلی ساکاریدهای میکروبی خارج سلولی مانند زانتان، اسکیزوفیلان، دکستران، آلژینات، اسید هیالورونیک به بازار معرفی شدند که بسیاری از آنها به صورت تخمیر گسترده (large-scale fermentations) با حجم تولید جهانی به ترتیب 2000 تن و 100000 تن برای تولید دکستران و زانتان تولید می شوند.

- **صمغ زانتان**¹ یک هتروپلی ساکارید آنیونی است که در سال 1950 در NRRL کشف شد. در سال 1961 به صورت نیمه تجاری و در سال 1964 به صورت تجاری در شرکت Kelco کالیفرنیا تولید شد. این محصول برای کاربرد های مختلف در ایران توسط شرکت گام تک تبریز² تولید می شود که مطالعات اولیه تولید آزمایشگاهی و پایلوت آن توسط جناب آقای دکتر محمدرضا صعودی³ در آزمایشگاه میکروبیولوژی صنعتی گروه میکروبیولوژی دانشگاه الزهرا(س)⁴ انجام شده است.
- **اسکیزوفیلان**⁵ یک بتا گلوکان است که به دلیل دارا بودن فعالیت های زیستی، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود، همواره مورد توجه بوده است. این پلی ساکارید توسط قارچ / اسکیزوفیلوم کامون تولید می شود که برای نخستین بار

¹https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B5%D9%85%D8%BA_%D8%B2%D8%A7%D9%86%D8%AA%D8%A7%D9%86

² <https://www.gumbiotech.com/>

³ https://scimet.alzahra.ac.ir/MohammadReza_Soudi

⁴

https://biosciences.alzahra.ac.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11841&temname=microbiology&sub=11&methodName>ShowModuleContent

⁵ <https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=50653>

در ایران توسط دکتر سید عباس شجاع الساداتی^۶ در آزمایشگاه بیوتکنولوژی، گروه بیوتکنولوژی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس^۷ تولید و بهینه سازی شده است و در حال حاضر بهینه سازی تولید، کاربردهای بیشتر و خواص آن در حال انجام است.

- **لوان**^۸ اگزوپلی ساکاریدی متشکل از واحدهای فروکتوزی است که در صنایع غذایی به عنوان تغلیظ کننده و تثبیت کننده طعم و رنگ و همچنین در صنایع پزشکی و دارویی کاربرد دارد. تولید این اگزوپلی ساکارید در گروه زیست شناسی دانشگاه رازی کرمانشاه^۹ توسط جناب آقای دکتر مجتبی تاران^{۱۰} در انجام شده است.
- مطالعه تولید و بررسی اثرات زیست فعالی **اگزوپلی ساکاریدهای تولیدی توسط باکتری های اسید لاکتیک** توسط سرکار خانم دکتر سمیه ایمانپرست^{۱۱} در گروه پژوهشی زیست انرژی و فرآیندهای تبدیلی^{۱۲}، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران^{۱۳} در حال انجام است.
- تولید **اولیگوساکاریدها** مانند oligo-galacturonic acids و Chitooligosaccharides توسط میکروارگانیسم ها و بررسی فعالیت های زیستی و کاربرد آن ها توسط سرکار خانم دکتر افروز السادات حسینی ابری^{۱۴} در گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان^{۱۵} در حال انجام است.
- بررسی عصاره پلی ساکاریدی قارچ ها و بررسی خواص و فعالیت های زیستی آن ها توسط جناب آقای دکتر حمید مقیمی^{۱۶} در آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه میکروبیولوژی دانشکده زیست شناسی دانشگاه تهران^{۱۷} در حال انجام است.
- شناسایی اگزوپلی ساکارید های قارچی جدید و بررسی توانایی آن ها در ترمیم زخم پوستی توسط دکتر مسعود حمیدی^{۱۸} در دانشگاه بروکسل انجام شده است.

⁶ https://www.modares.ac.ir/pro/academic_staff/shoja_sa

⁷ <https://www.modares.ac.ir/cheme/departments/biotechnology/labs>

⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/Levan_polysaccharide

⁹ <https://sci.razi.ac.ir/%DA%AF%D8%B1%D9%88%D9%87-%D8%B2%DB%8C%D8%B3%D8%AA-%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C1>

¹⁰ <https://sci.razi.ac.ir/~mtaran/group-one>

¹¹ <https://irost.org/biotech/staff/%D8%AF%DA%A9%D8%AA%D8%B1-%D8%B3%D9%85%DB%8C%D9%87-%D8%A7%D9%8A%D9%85%D8%A7%D9%86%E2%80%8C%D9%BE%D8%B1%D8%B3%D8%AA>

¹² <https://irost.org/biotech//bioenergy-and-Bioconversion-processes>

¹³ <https://irost.org/biotech/>

¹⁴ https://sci.ui.ac.ir/af.hosseini#tabcontrol_11

¹⁵ <https://bio.ui.ac.ir/>

¹⁶ <https://science.ut.ac.ir/web/biology/hmoghimi>

¹⁷

<https://labsnet.ir/lab/1117/%D8%A2%D8%B2%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D9%87-%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%D8%A8%DB%8C%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C-%D9%88-%D8%A8%DB%8C%D9%88%D8%AA%DA%A9%D9%86%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C-%DA%AF%D8%B1%D9%88%D9%87-%D9%85%DB%8C%DA%A9%D8%B1%D9%88%D8%A8%DB%8C%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C-%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4%DA%A9%D8%AF%D9%87-%D8%B2%DB%8C%D8%B3%D8%AA-%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C-%D9%BE%D8%B1%D8%AF%DB%8C%D8%B3-%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85-%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D9%87-%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86>

¹⁸ https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=0ZLgH8kAAAAJ&view_op=list_works&sortBy=pubdate

- بررسی اگزوپلی ساکاریدهای تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و فعالیت زیستی آن‌ها توسط سرکار خانم دکتر فاطمه سلیمی^{۱۹} در دانشکده زیست شناسی دانشگاه دامغان^{۲۰} در حال انجام است.
- سلولز^{۲۱} فراوان ترین پلیمر در روی زمین است که اهمیتی جهانی دارد و مهم ترین جزء دیواره سلولی گیاهان می باشد اما بعضی از باکتری ها نیز می توانند سلولز تولید کنند که به این نوع سلولز، بیوسلولز یا سلولز باکتریایی می گویند. سلولز باکتریایی از لحاظ شیمیایی خالص بوده و بدون همی سلولز، پکتین و لگنین است و کاربرد های وسیعی در مهندسی بافت دارد. بررسی تولید آزمایشگاهی سلولز باکتریایی توسط دکتر ولی الله بابایی پور^{۲۲} در گروه مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر^{۲۳} در حال انجام است.
- هیالورونیک اسید(HA)²⁴ یک پلی ساکارید با ویژگی هایی از قبیل ویسکوزیته‌ی بالا و خاصیت زیست سازگاری با کاربردهای مختلفی در زمینه‌های چشم پزشکی، ارتوپدی، آرایشی و مهندسی بافت است که توسط باکتری ها نیز تولید می‌شود. بررسی تولید آزمایشگاهی هیالورونیک اسید توسط دکتر ولی الله بابایی پور²⁵ در گروه مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر²⁶ انجام شده است. همچنین دکتر سعید امین زاده^{۲۷} در پژوهشکده زیست فناوری صنعت و محیط زیست، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری مهندسی فرایند تولید این پلی ساکارید^{۲۸} را انجام می دهند.

پلی استر

پلی استر گونه‌ای از پلیمرها می‌باشند که دارای گروه‌های استر هستند که از آنها به عنوان پلاستیک های زیستی یاد می‌شود.

- پلی هیدروکسی بوتیرات به عنوان پلاستیک زیست تخریب پذیر، غیر سمی و زیست سازگار شناخته می شود که به‌طور طبیعی توسط باکتری‌ها تولید شده و جایگزین مناسبی برای بسیاری از پلیمرهای مصنوعی غیر زیست تخریب پذیر است. مطالعه تولید پلی هیدروکسی بوتیرات توسط باکتری‌ها توسط دکتر سید عباس شجاع الساداتی در آزمایشگاه بیوتکنولوژی، گروه بیوتکنولوژی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس در حال انجام است. همچنین مطالعه تولید میکروبی

¹⁹ <http://faculty.du.ac.ir/salimi/>

²⁰ <http://biology.du.ac.ir/#/>

²¹ <https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B3%D9%84%D9%88%D9%84%D8%B2>

²² [https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-](https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1)

[%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1](https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1)

²³ <https://mut.ac.ir/ChemistryLab.html>

²⁴

https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%87%DB%8C%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B1%D9%88%D9%86%DB%8C%DA%A9_%D8%A7%D8%B3%DB%8C%D8%AF

²⁵ [https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-](https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1)

[%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1](https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1)

²⁶ <https://mut.ac.ir/ChemistryLab.html>

²⁷ [https://www.magiran.com/author/profile/332184/%D8%B3%D8%B9%DB%8C%D8%AF-](https://www.magiran.com/author/profile/332184/%D8%B3%D8%B9%DB%8C%D8%AF-%D8%A7%D9%85%DB%8C%D9%86-%D8%B2%D8%A7%D8%AF%D9%87)

[%D8%A7%D9%85%DB%8C%D9%86-%D8%B2%D8%A7%D8%AF%D9%87](https://www.magiran.com/author/profile/332184/%D8%B3%D8%B9%DB%8C%D8%AF-%D8%A7%D9%85%DB%8C%D9%86-%D8%B2%D8%A7%D8%AF%D9%87)

²⁸ <https://nigeb.ac.ir/web/ieb/1/>

پلی هیدروکسی بوتیرات توسط جناب آقای دکتر مجتبی تاران در دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شده است. همچنین مطالعه این پلیمر توسط آقای دکتر مهرداد آذین انجام شده است.

پلی پپتید

پلی پپتیدها، از زیرواحدهای آمینواسیدی با تعداد مختلفی تشکیل شده‌اند. از مهمترین پلی پپتیدهای زیستی می‌توان به سیانوفیسین، پلی-گاما-گلوتامات، پلی لیزین و پلی هیدروکسی آلکانوات‌ها اشاره کرد.

- **L-lysine** یکی از اسیدهای آمینه ضروری برای انسان و حیوانات است و به طور گسترده در فرآوری مواد غذایی، آماده سازی های دارویی و افزودنی های خوراک استفاده می شود. بازار لیزین در سال های اخیر افزایش یافته و به حجم فعلی بازار سالانه حدود 750000 تن رسیده است که این امر علاقه زیاد به سویه های باکتریایی تولیدکننده را توضیح می دهد. مطالعه تولید **L-lysine** با استفاده از باکتری *Corynebacterium glutamicum* توسط دکتر مهرداد آذین^{۲۹} در گروه پژوهشی زیست انرژی و فرآیندهای تبدیلی^{۳۰}، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران^{۳۱} انجام شده است.
- **اپسیلون پلی لیزین** (E-PL)^{۳۲} یک همپولی پپتید کاتیونی بدست آمده از تخمیر باکتریایی تحت شرایط هوازی می باشد که برای طیف وسیعی از کاربردهای صنعتی و پزشکی مانند غذا، دارو، محیط زیست و الکترونیک مورد توجه بوده مطالعه تولید، بهینه سازی و بررسی فعالیت های زیستی **Epsilon-Poly-L-lysine** توسط سرکار خانم دکتر افروز السادات حسینی ابری^{۳۳} در گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان^{۳۴} در حال انجام است.
- **پلی گاما گلوتامیک اسید**^{۳۵} یک بیوپلیمر سودمند، زیست سازگار، و زیست تخریب پذیر می باشد. چنین خواصی باعث توسعه استفاده از این ترکیب در صنایع مختلف مثل زیست پزشکی، زیست دارویی، زیست فناوری، و مهندسی بافت شده است. روش های مختلف تولید، بررسی شیمیایی و خاصیت های زیستی **پلی (۷-گلوتامیک اسید)** توسط دکتر ولی الله بابایی پور^{۳۶} در گروه مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر^{۳۷} در حال انجام است.

²⁹ <https://scholar.google.com/citations?user=bvN5hNgAAAAJ&hl=en>

³⁰ <https://irost.org/biotech/bioenergy-and-Bioconversion-processes>

³¹ <https://irost.org/biotech/>

³² <https://link.springer.com/article/10.1007/s12257-022-0065-1>

³³ <https://sci.ui.ac.ir/af.hosseini>

³⁴ <https://bio.ui.ac.ir/>

³⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Polyglutamic_acid

³⁶ <https://www.magiran.com/author/profile/452655/%D9%88%D9%84%DB%8C-%D8%A7%D9%84%D9%84%D9%87-%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%A7%DB%8C%DB%8C-%D9%BE%D9%88%D8%B1>

³⁷ <https://mut.ac.ir/ChemistryLab.html>