

زیست پلیمرهای پلی ساکاریدی

Polysaccharide Biopolymers

شیده متصر کوهساری

دانشگاه تهران، دانشکده علوم

دریافت: ۶۹/۴/۲۹، پذیرش: ۶۹/۹/۱

چکیده

زیست پلیمرها شامل بسیاری از ترکیبات با وزن مولکولی زیادند که از جمله می‌توان به پلی ساکاریدها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئینها و لیپیدها اشاره کرد. این مواد از منابع طبیعی گوناگون به دست می‌آیند. زیست پلیمرهای پلی ساکاریدی صنعتی از این نظر که سبب افزایش خلط و ثبات سیستمهای آبی می‌شوند بسیار مورد توجه‌اند. این پلی ساکاریدها یا به عبارتی صمغها می‌توانند ژل تولید کنند یا به صورت تثبیت کننده امولسیون، روان کننده، رنگپایه و تراکم کننده و همچنین ترکیبات کاهش دهنده اصطکاک و ایجاد کننده فیلم وارد عمل شوند. بدین ترتیب، پلی ساکاریدهای سودمند در صنعت توسط میکروارگانیسمهای مختلف سنتز می‌شوند و سبب تغییر و تنظیم ویژگیهای رئولوژیک سیستمهای آبی می‌گردند. این مواد به فراوانی در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، نفت، کاغذ و پارچه کاربرد دارند.

واژه‌های کلیدی: پلی ساکارید، میکروارگانیسم، زیست پلیمر، زیست تکنولوژی، زیست ستر

Key Words: polysaccharide, microorganism, biopolymer, biotechnology, biosynthesis

مقدمه

زیستی وسیع و متفاوت زیست ستر می‌شوند. از آن جمله می‌توان از پلی ساکاریدها، لیپیدها، پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک نام برد که در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرند.

بحث

در این بخش به بررسی چند زیست پلیمر پلی ساکاریدی و نیز پلی - β - هیدروکسی بوتیرات (PHB) که توسط میکروارگانیسمها زیست ستر می‌شوند و کاربردهای صنعتی دارند می‌پردازیم.

پلی ساکاریدها

پلی ساکاریدها به دو صورت ذخیره‌ای (ذخیره انرژی) و شالوده‌ای در طبیعت یافت می‌شوند و بیشتر از بافتهای گیاهی به دست می‌آیند. این

زیست پلیمرها که توسط میکروارگانیسمها به راههای تکنولوژی زیستی تولید می‌شوند کاربردهای صنعتی متنوعی دارند. این پلیمرها می‌توانند جایگزین پلیمرهایی شوند که به کمک روشهای شیمیایی و صنعتی، که مصرف کننده منابع طبیعی و آلاینده محیط زیست هستند، به دست می‌آیند. زیست پلیمرها که به یاری فرایندهای آنزیمی با استفاده از یک منبع کربن ارزان قیمت و با بهره‌گیری از میکروارگانیسمها و روشهای تخمیری سنتز می‌شوند، زیست تخریب پذیرند. از این رو، با استفاده از آنها می‌توان تعادلی منطقی بین تکنولوژی، منابع طبیعی و محیط زیست پدید آورد و با الگو قرار دادن سلول زنده و واکنشهای زیست شیمیایی آن، همکاری و همیاری بین حیات و تکنولوژی ایجاد کرد. زیست پلیمرها ترکیباتی با وزن مولکولی زیادند که در طبیعت توسط منابع

جدول ۱- زیست پلیمرهای تولید شده توسط میکروارگانیسمها [۱۴].

پلیمرها	میکروارگانیسمها
آلژینات	ازتوباکتر وینه لاندی
سلولز	یزودوموناس آفرورینوزا استوباکتر sp.
کوردلان	اگروباکتریم sp.
دکستران	استوباکتر sp.
هوموپلیمر D - فروکتوز	زیموموناس موبی لیس
لوان	باسیلوس sp.
	کولونوستوک مزن تروئیدس
	یزودوموناس sp.
	سراتیا مارسنس
فسفومانان	هان سه نولا کاپسولاتا
	هان سه نولا هولستی
	فیزاروم پلی سفالوم
	ریزیویوم ملی لوتی
پلی بتاهیدروکسی بوتیرات	آلكالی ژن اوتروفوس
	متیلو باکتریم اورگانوفیلوم
اسکروگلوکان	اسکروتیوم گلوکانیکم
گراتان	گراتوموناس کامپس تریس

مولکولها با تشکیل ژل و ایجاد تغییراتی در سیالیت محلولهای آبی ویژگیهای رئولوژی آب را تغییر می دهند و به همین جهت کاربرد وسیعی در صنایع دارند. پلی ساکاریدهای هیدروکلوئیدی به ویژه در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، نفت، کاغذ و نساجی به کار می روند. امروزه میکروارگانیسمها جایگزین گیاهان و جلبکها در تولید پلی ساکاریدها شده اند. زیرا در صورت به کارگیری گیاهان و جلبکها ماده اولیه پلی ساکاریدی تحت تاثیر شرایط محیطی، دوره های زندگی، زمان برداشت گیاه و آلودگی محیط قرار می گیرد. به علاوه، در محصول نهایی تغییرات نامطلوبی ایجاد می شود. زیرا به کارگیری فرایندهایی مانند استفاده از ترکیبات شیمیایی قوی، دمای زیاد و تیمارهای اسیدی سبب ایجاد بو و رنگ نامطلوب در فرآورده نهایی می گردد. با استفاده از میکروارگانیسمها و به کارگیری روشهای تکنولوژی زیستی برای تولید پلی ساکاریدها این مسائل حل می شوند. استفاده از فرایندهای تخمیری با بهره گیری از یک منبع کربن ارزان قیمت بسیار کارساز است. فرآورده نهایی از محیط کشت تخمیری با جداسازی سلولهای میکروبی توسط جداسازی با استفاده از نیروی گریز از مرکز (centrifugation) و حلالهای آلی چون الکل و استون امکان پذیر است و پلیمر حاصل دچار تغییرات نامطلوب بعدی نمی شود.

از جمله زیست پلیمرهای تولید شده توسط میکروارگانیسمها و با استفاده از روشهای تکنولوژی زیستی می توان از انواع زیر نام برد (جدول ۱).

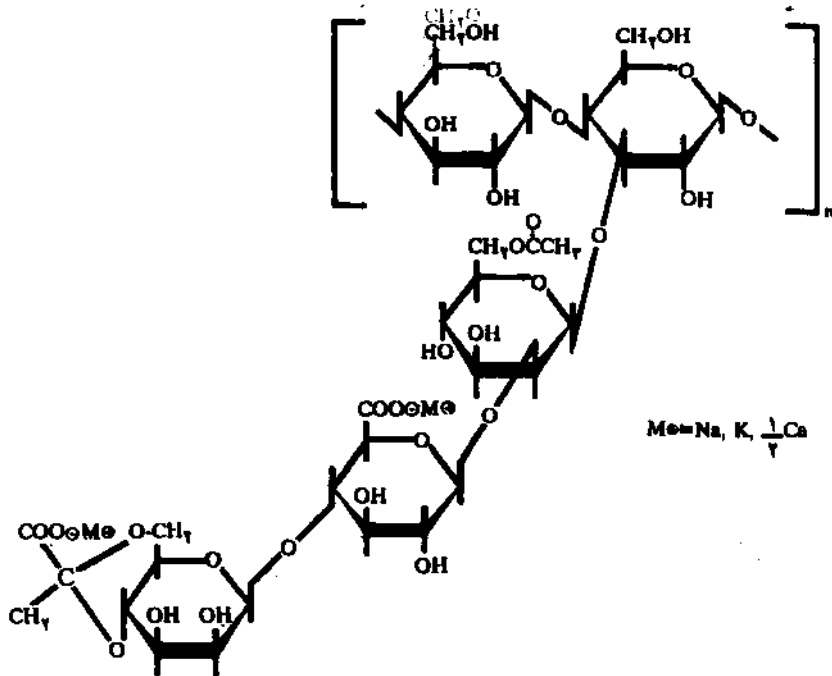
گزانتان

گزانتان (xanthane) توسط گراتوموناس کامپس تریس (*xanthomonas compestris*)، با رشد روی گلوکز، ساکارز، نشاسته و قند ذرت پدید می آید. از آب پنیتر اسیدی، که از جمله ضایعات کارخانه های پنیتر سازی است، نیز می توان به عنوان منبع کربن بهره گرفت. این پلیمر قندی شامل زیر واحدهای تکراری متشکل از D - گلوکز، D - مانوز و D - گلوکورونیک اسید همراه با دو نوع عامل کربوکسیل (استات و پیرووات) و یک پیکره آلوز (allulose) است. وزن مولکولی گزانتان بین 2×10^6 تا 5×10^6 می باشد و پلیمر شالوده ماریچی دارد. در ۱۹۶۷ گزانتان نخستین پلیمر میکروبی بود که به بازار آمد و کاربردهای وسیع صنعتی یافت. چسبندگی این صمغ در pH های گوناگون حفظ می شود، تغییرات دما بر آن بی اثر است و در حضور نمکهای چون پتاسیم کلرید پایدار است. گزانتان توسط سیستم تخمیر بسته و با استفاده از D - گلوکز تجارتي به عنوان منبع کربن تولید می شود. این پلیمر در برابر گرما، شرایط اسیدی، قلیایی و در حضور کاتیونها پایدار است و از نظر سیالیت همانند شبه پلاستیک (pseudoplastic) می باشد. این

ویژگیها باعث شده است که گزانتان کاربرد وسیعی به عنوان روان کننده در گسرها و لجنهای بتونیتی و نیز در استخراج نفت پیدا کنند. در کمپلکسهای بوراکس، گزانتان به صورت ماده ژله ای کننده برای تهیه مواد قابل انفجار به کار می رود. از سال ۱۹۶۹ گزانتان در صنایع غذایی به ویژه در کنسروسازی، تهیه مواد غذایی منجمد، چاشنیهای مختلف، غذاهای حاضری و سریع و آب میوه ها به کار گرفته شده است. در کنسروهای غذایی که برای حیوانات خانگی تولید می شوند نیز از گزانتان به جای آگار استفاده می کنند. مشتقات اتری و استری گزانتان در صنایع نساجی و تولید مواد آرایشی کاربرد دارد (شکل های ۱ و ۲) [۱۴].

دکستران

دکستران (dextran) یک α - D - گلوکان است که توسط بسیاری از باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی مانند آمروباکتر (*Aerobacter*)، استرپتوکوکوس بوویس (*Streptococcus bovis*)، استرپتوکوکوس ویریدنس (*Streptococcus viridans*) و لوکونوستوک مزن تروئیدس



شکل ۱- زیر واحد تکراری در شالوده گزانتان [۱۱].

گلوکانی دیواره را از بخشهای انحلال پذیر جدا، خالص و خشک می کنند. در مجاورت آب، گلوکان مخمر محلولهای غلیظی ایجاد می کند و برای افزایش چسبندگی، تراکم آن در آب باید بیش از پنج درصد باشد. با گرم و سرد کردن تطبیقاتی متراکم می توان ژلهای نیرومندی به دست آورد. از این پلی ساکارید در انواع صنایع غذایی استفاده می شود [۱۶].

آلژینات میکروبی

آلژیناتها (Alginates) به طور سنتی از جلبکها یا علفهای دریایی مانند لامیناریا (Laminaria) تهیه می شوند ولی امروزه در روشهای تکنولوژی زیستی با استفاده از باکتریهای چون *Pseudomonas aeruginosa* و *Azotobacter vinelandii* نیز آلژیناتهایی با شالوده مولکولی هتروپلی ساکاریدی متشکل از واحدهای D - مانورونیک اسید و L - گلوکورونیک اسید سنتز می شوند. تفاوت آلژینات میکروبی با آلژینات جلبکی وجود عوامل O - استیل همراه با واحدهای مانورونیک اسید در اولی است. آلژیناتها به ویژه برای تغلیظ و ژلهای کردن محصولات لبنی به کار می روند. این پلیمرها برای پایداری ماست، کنترل تشکیل بلورهای یخ در بستنی و نیز به عنوان مشتقات پروپیلن گلیکول در غذاهای اسیدی مانند سسهای سالاد مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا تا pH کمتر از ۳ به صورت ژل در نمی آیند. از آلژیناتها در تهیه قالب مورد نیاز در دندانپزشکی نیز استفاده می شود (شکل ۸) [۶ و ۷].

Loconostoc mesentroides) زیست سنتز می شود و در تهیه آن از ساکارز به عنوان منبع کربن استفاده می کنند. دکسترانها بر حسب نسبت سه نوع پیوندی که دارند، یعنی پیوندهای $\alpha(1-3)$ ، $\alpha(1-4)$ و $\alpha(1-6)$ از لحاظ انحلال پذیری در آب دسته بندی می شوند. پلیمرهای دارای وزن مولکولی زیاد توسط آنزیمهای ویژه، آگوزوآندودکسترانازها (*Exodextranases-endodextranases*)، اسید ضعیف و گرما تجزیه می شوند تا محصولاتی با وزن مولکولی مناسب به دست آیند. آنزیم خارج سلولی که در زیست سنتز دکستران نقش عمده دارد دکستران سوکراز از خانواده آنزیمهای ترانسفراز (Transferases) می باشد که نام شیمیایی آن α - ۱، ۶ - گلوکان: D - فروکتوز ۲ - گلوکوزیل ترانسفراز است. در پزشکی از دکسترانها به عنوان جانشینهای پلاسما استفاده می شود. از مشتقات دکستران که عواملی چون گریوکسی متیل و دی اتیل آمین دارند و توسط پیوندهای اتری به واحدهای گلوکوزی متصل شده اند برای جدا و خالص سازی مولکولهای زیستی استفاده می شود. دکسترانهای سولفات دار به عنوان پلی الکترولیت کاربرد دارند [۱۹] (شکلهای ۳ تا ۷).

گلوکان مخمر نانویی

گلوکان مخمر نانویی (Baker's Yeast Glucan, BYG) ترکیبی از دیواره سلولی مخمر است و از واحدهای گلوکوزی و مانوزی تشکیل می شود. برای تولید این پلیمر سلولهای مخمر ساکارومیس سرویزه (*Saccharomyces cerevisiae*) را به طور مکانیکی می شکنند و بخش

سپس با سرد کردن پلیمر، زلی به دست می آید که شکل دارای واحدهای کم استیل است. نیروی زل بر حسب تراکم صمغ و نمک و نوع کاتیونهای موجود تفاوت می کند. در حال حاضر زلان به عنوان محیط کشت میکروبی کاربرد دارد و به خوبی جایگزین آگار می شود زیرا از آن شفافتر است، نیروی زلی آن در تراکمی معادل نصف تراکم آگار به اندازه آن است و سمیت آن کمتر از آگار می باشد. به علاوه در برابر تجزیه آنزیمی نیز بسیار مقاوم است (شکلهای ۹ و ۱۰) [۵].

زان فلو

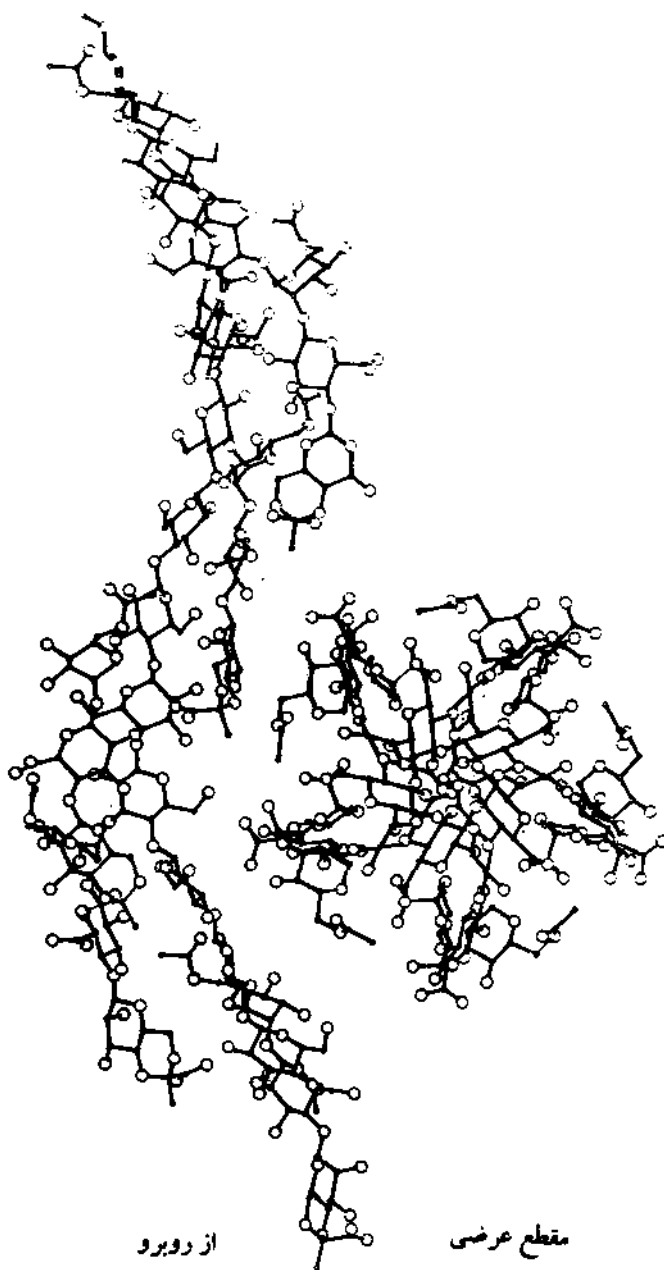
زان فلو (Zanflo) زیست پلیمری است که توسط اروینیا تاهی تیکا (*Erwinia tabitica*) زیست ستر می شود و چسبندگی بسیار بالایی دارد. در شالوده آن واحدهای فوکوز، گالاکتوز، گلوکز و اورونیک اسید همراه با برخی عوامل O - استیل یافت می شوند. به عنوان منبع قندی، لاکتوز، نشاسته هیدرولیز شده و یا مخلوطی از آنها به کار می رود. این پلیمر به علت پایداری در برابر انجماد و تجزیه آنزیمی و نیز ویژگی سیال بودن در صنایع رنگ و چاپ نقش و نگار به روی قالی کاربرد دارد. چون اروینیا تاهی تیکا خود آنزیم سلولاز را زیست ستر می کند در نتیجه نمی توان زان فلو را همراه با چسبنده سازهای سلولزی در رنگسازی به کار برد [۳].

پلی تران

پلی تران (Polytran) یا اسکروگلوکان (*Scleroglucan*)، β -۱ و ۳ گلوکانی است که توسط قارچ اسکروتیوم گلوکانیکوم (*Sclerotium gluconicum*) و سویه های (*strain*) وابسته زیست ستر می شود. یک عامل D - گلوکوپیرانوزیل با پیوند β (۱-۶) به صورت دو در میان به واحدهای قندی تازنده پلیمر اتصال دارد. ویژگی شبه پلاستیکی پلی تران در pH و دماهای متفاوت حفظ می شود و نکتها بر آن بی اثرند. این پلیمر در مقاوم سازی بنتونیت و بازیابی نفت و همچنین در آینه ها و شیشه های سرامیکی، رنگهای لاتکس، جوهرهای چاپ و پوشش دهی دانه ها کاربرد دارد. به نظر می رسد که این پلی ساکارید طبیعی توسط انگز و گلوگانازها (*Exoglucanases*) تجزیه می شود و به گلوکز و زانتیوز تبدیل می گردد [۳].

پلی ساکاریدهای میکروبی حاصل از آتکالی ژنها

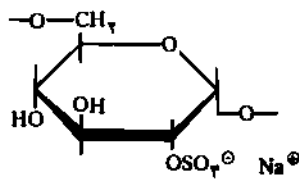
از انواع آتکالی ژنها (*Alcaligenes*) پلیمرهای تجارتمی گوناگون ستر می شوند که می توان در بین آنها از پلیمر S۱۳۰ نام برد که پلی ساکاریدی بسیار پایدار، به مدت طولانی، در دماهای زیاد است و می تواند دمای 149°C را تحمل کند. این زیست پلیمر انحلال پذیری و چسبندگی خود را در آب دریا و آبهای شور حفظ می کند، در صنعت



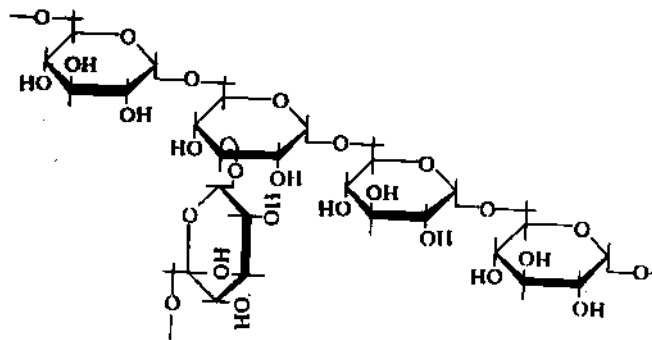
شکل ۲ - تشکل مولکولی در گزانتان [۱۷].

صمغ زلان

صمغ زلان (*gelatin gum*)، پلی ساکاریدی متشکل از واحدهای گلوکز، رامنوز و گلوکورونیک اسید با ۳ تا ۴/۵ درصد عوامل O - استیل است. این زیست پلیمر توسط پزودوموناس الوده آ (*Pseudomonas elodea*)، در تخمیر هوازی و با استفاده از یک منبع کربوهیدراتی زیست ستر می شود و به سه شکل وجود دارد که عبارتند از: شکل اولیه، شکل دارای واحدهای کم استیل و شکل دارای واحدهای کم استیل و شفاف. از زلان شکل اولیه بر اثر گرما و در pH برابر با ده و



شکل ۴ - دکستران سولفات [۱۹].



شکل ۳ - شالوده بخشی از مولکول دکستران [۱۹].

بازیدیم پولولانس (*Aureobasidium pullulans*) که نام دیگر آن پولولاریا پولولانس (*Pullularia pullulans*) است از نشاسته زیست سنتز می‌شود. علاوه بر نشاسته می‌توان برای تهیه آن از سایر ترکیبات قنددار مانند ملاس چغندر و نیشکر نیز استفاده کرد. از پولولان یا پلاستیک طبیعی در تهیه چسبها، پلاستیکهای بسته بندی، نخهای پلاستیکی، ماده لخته کننده، الیاف پلیمری شکل پذیر، گاز زخم بندی و قالبگیری استفاده می‌شود. با به کارگیری روشهای مهندسی ژنتیک امکان استفاده از میکروارگانیسمهای جدید با بازدهی بیشتر برای تولید پولولان فراهم می‌شود. از سایر میکروارگانیسمهایی که در سنتز پولولان به کار می‌آیند می‌توان از آرتروباکتر (*arthrobacter*)، بی ژرین کیا (*Beijerinckia*) و نیز باکتریهای نام برد که بر روی متان و متانول رشد می‌کنند [۹].

سلولز باکتریایی

سلولز باکتریایی یا زیست سلولز توسط باکتری استوباکترگزلینیوم (*Acetobacter xylinum*) به صورت الیاف ریز زیست سنتز می‌شود. در ظرف تخمیرهای متحرک و دارای همزن سلولز به صورت الیاف یا رشته‌های سخت رسوب می‌کند، در حالی که در شرایط بدون همزن سلولز به صورت ژل در می‌آید و در صنایع غذایی مصرف می‌شود. سلولز باکتریایی در تهیه فیلمها نیز کاربرد دارد (شکل ۱۱) [۱۵].

پلی - β - هیدروکسی بوتیرات

این پلی استر گرم نرم از واحدهای تکراری $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{O}-$ تشکیل شده است و مدتهاست که به عنوان ماده ذخیره کننده انرژی در بسیاری از میکروارگانیسمها شناخته شده است. برخی از میکروارگانیسمها در شرایط ویژه قادرند تا ۷۰٪ وزن خشک خود این پلیمر را ذخیره کنند. از جمله این میکروارگانیسمها می‌توان از الکیالی ژن و آرتوباکتر نام برد. پلی - β - هیدروکسی بوتیرات به صورت دانه‌های درون سلولی زیست سنتز می‌شود و پس از گسستن سلول میکروبی پلیمر قابل استخراج است. امروزه معلوم شده است که در بسیاری از موارد پلیمر فقط شامل مونومرهای β - هیدروکسی بوتیرات نیست، بلکه کمپلکس هتروپلیمری متشکل از مونومرهای گوناگون β - هیدروکسی اسید چرب می‌باشد [۴].

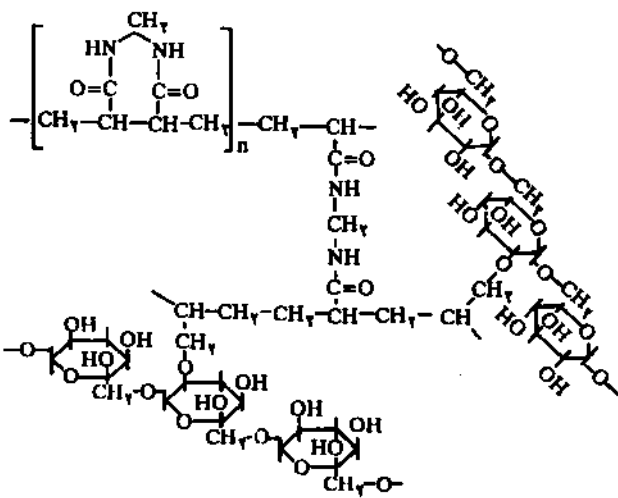
نفت کاربرد دارد و به عنوان ماده چسبنده ساز مصرف می‌شود. پلیمر S۱۹۴ نیز ویژگیهایی شبیه S۱۳۰ دارد و ماده مناسبی برای تهیه تعلیقهای آفت کش و کودهای کشاورزی به شمار می‌رود. پلی ساکارید دیگر S۱۹۸ است که در ساختار آن عوامل O - استیل و O - سوکسی نیل وجود دارد. این پلیمر بر اثر تخمیر هوازی و با استفاده از گلوکز به عنوان منبع کربن سنتز می‌شود. در غلظتهای پایین میزان چسبندگی آن بالاست و در pHها و دماهای مختلف پایداری خود را حفظ می‌کند. در برابر آلودگی با فلزات سنگین مقاوم است و به عنوان تغلیظ کننده در تولید روان کننده‌های محلول در آب کاربرد دارد.

کوردلان

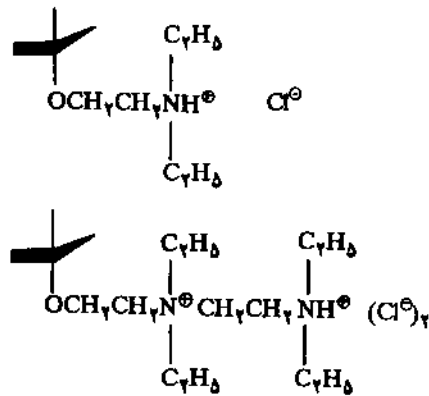
کوردلان (Curdian) یک α - ۱ و ۳ گلوکان است و توسط الکیالی ژن فائو کالیس (*Alcaligene faecalis*) نوع میکسوژن (سویه Var ۱۰C۲) (*myxogenes strain 10C3*)، زیست سنتز می‌شود. محلولهای آبی این پلیمر را تا بیش از ۵۴°C گرم می‌دهند و ژل به طور برگشت ناپذیر تشکیل می‌شود. نیروی ژل حاصل به دمای به کار رفته بستگی دارد که ممکن است بین ۶۰°C تا ۸۰°C باشد و گاه تا ۱۰۰°C نیز افزایش یابد. در دمای بیش از ۱۲۰°C شالوده مولکولی پلیمر تغییر می‌کند و از یک ماریچ تک رشته‌ای به ماریچی سه رشته‌ای تبدیل می‌گردد. کوردلان در آب سرد نامحلول است و به همین جهت می‌توان توسط آن با دیالیز محلولهای قلیایی ژل تولید کرد. این پلی ساکارید به صورت ترکیب ژله‌ای کننده در تهیه غذاهای طبخ شده به کار می‌رود. علاوه بر این به عنوان الکت مولکولی و پایه تثبیت کننده برای بی حرکت سازی آنزیمها و نیز به صورت ماده پیوند دهنده کاربرد دارد [۱۰].

پولولان

پولولان (*Pullulan*) پلی ساکاریدی α - D گلوکانی است و از واحدهای (۱ - ۶) α مالتوتروزیدی تشکیل شده است. گاه در ساختار پلیمر واحدهای مالتوتروزیدی نیز یافت می‌شوند. پولولان توسط آره نو -



شکل ۶ - شالوده سفاکریل مشتقی از دکستران [۲۰].



شکل ۵ - دی اتیل آمینواتیل دکستران (DEAE دکستران) مشتقی از دکستران [۱۹].

سایر پلیمرهای حاصل از میکروارگانیسمها

زیست پلیمرهایی که در این مقاله به آنها اشاره شد همگی توسط میکروارگانیسمها و با بهره گیری از یک منبع کربن ویژه سنتز می شوند. برای تولید مواد پلیمری جدید می توان به راههای دیگری نیز از میکروارگانیسمها بهره گرفت. بدین ترتیب که در یکی از مراحل سنتز پلیمر می توان از آنها استفاده کرد. در این صورت میکروارگانیسم عمده تا به عنوان یک کاتالیزور زیست شناختی عمل می کند تا تغییر و تبدیل شیمیایی را ممکن سازد. واکنشهای هیدروکسیل دار کردن (hydroxylation) برای تولید فنلها و یا دی هیدرودیولها مثالهایی در این زمینه اند. یک نمونه جالب تولید پلیمر جدیدی به نام پلی فنیلن (Polyphenylene) است. این پلیمر برای متخصصان مواد بسیار درخور توجه است زیرا نسبت به دما مقاوم و رسانای جریان الکتریکی است. پلی فنیلن از بنزن و اکسیژن سنتز می شود و با کتری پزودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) که به طریق مهندسی ژنتیک دستکاری شده است، برای تبدیل بنزن به دی هیدرودیول به کار می رود. محصول دارای دو اکسیژن از سلول باکتری به خارج ترشح می شود و به کمک حلال مناسب استخراج می گردد و سرانجام برای سنتز شیمیایی پلی فنیلن مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع تکنولوژی را می توان برای تولید پلیمرهایی از نفتالن و بی فنیل نیز به کار گرفت [۴].

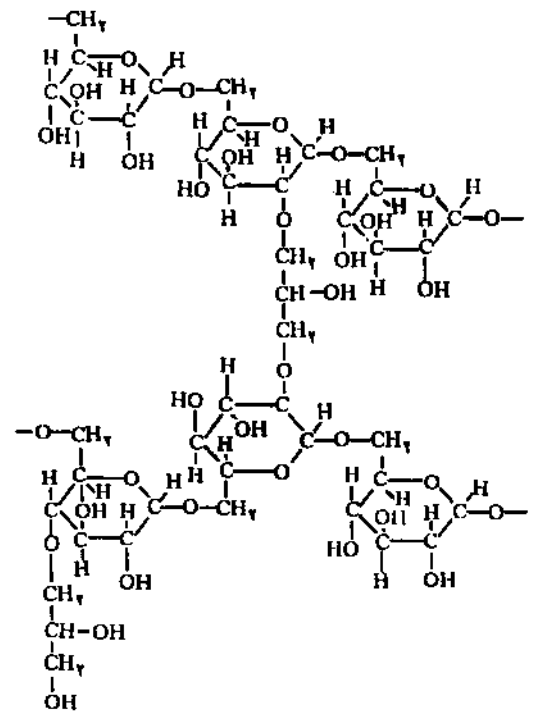
بهینه سازی شرایط تولید زیست پلیمرهای پلی ساکاریدی توسط میکرو ارگانیسمها

برای تولید پلی ساکاریدها توسط میکروارگانیسمها می توان شرایط مطلوبتری ایجاد کرد که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد: افزایش مقدار و سرعت تولید پلی ساکارید: برای افزایش مقدار و سرعت تولید پلی ساکارید باید آنزیمهایی که در مسیر زیست سنتز آن شرکت

سال هفتم، شماره دوم علوم کشاورزی

تا از آلودگی محصول نهایی جلوگیری به عمل آید. از سایر تغییرات سطح باکتریها می توان از جداسازی موتانهای مقاوم به فاژها (phages) نام برد که در طول فرایند تولید پلیمر از نظر آلودگی به فاژ مقاوم هستند. حذف فعالیت آنزیمهای غیر دلخواه: برخی از میکروارگانیسمها آنزیمهای ساکاریدهای زیست ستر می کنند که توسط آنزیمهای هیدرولاز (Hydrolases) هیدرولیز می شوند. آزوتوباکتر ویسنه لاندی (*Azotobacter vinelandii*) آلزینات و آنزیم آلزیناز (آلزینات لیاز) را تولید می کند که هیدرولیز کننده آلزینات است.

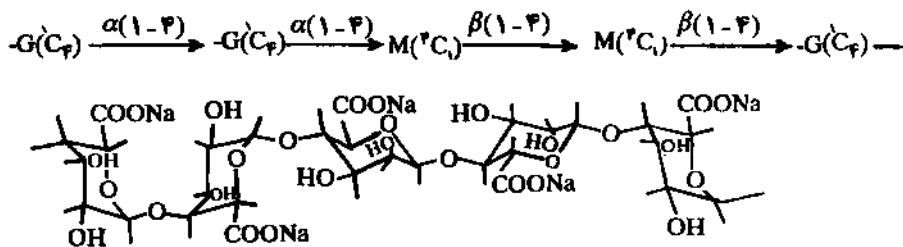
میکروارگانیسمهای تولید کننده گزانتان اغلب سلولاز فعالی زیست ستر می کنند که در صورت افزایش گزانتان به محصولات سلولزی می تواند سبب تجزیه آن گردد. کنترل فعالیتهای آنزیمی غیر دلخواه باید به دقت انجام گیرد و برای این منظور می توان موتانهایی انتخاب کرد که قادر به ستر چنین آنزیمهایی نیستند. باکتریهای تولید کننده پلی ساکاریدها ممکن است در عین حال سایر محصولات پلیمری مانند پلی ساکاریدهای جدید، پلی - β - هیدروکسی بوتیرات یا گلیکوزن را نیز ستر کنند و در نتیجه بخش عمدهای از منبع کربن را به مصرف ستر این پلیمرهای جانبی برسانند. در این صورت باید موتانهایی را انتخاب کرد که این پلیمرهای جانبی و اضافی را تولید نمی کنند. به عنوان مثال، در مورد حذف ستر گلیکوزن باید موتانهایی را انتخاب کرد که فاقد آنزیمهای ADP - گلیکوزن پیروفسفریلاز و گلیکوزن سنتاز هستند. این دو آنزیم در ستر گلیکوزن نقش دارند. برخی از میکروارگانیسمهای تولید کننده کوردلان همراه با آن مقدار قابل توجهی سوکسی نوگلوکان (*succinoglucon*) که هتروپلی ساکاریدی متشکل از واحدهای گلوکز و گالاکتوز همراه با عوامل استیل و پیروات است، ستر می کنند. موتانهایی از آلکالی ژن، آگروباکتریوم رادیو باکتر (*Agrobacterium radiobacter*) و ریزوبیوم تریفولی (*Rhizobium trifolii*) جدا شده اند که عاری از سوکسی نوگلوکان هستند. چهار نوع موتان به دست آمده اند که عبارتند از: تولید کننده های سوکسی نوگلوکان و کوردلان، تولید کننده های هر دو پلیمر



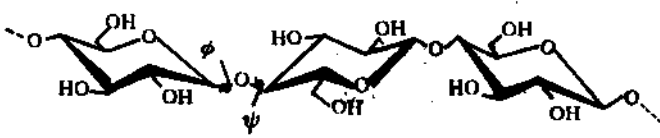
شکل ۷ - شالوده سفادکس، مشتقی از دکستران [۲۱].

پیوسته و با سرعت کمتر مولکولهای طولیتر و بدون شاخه را زیست ستر کند.

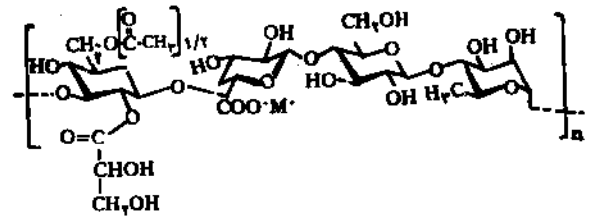
تغییر ویژگیهای سطحی میکروارگانیسم تولید کننده پلی ساکارید: تغییر ویژگیهای سطحی میکروارگانیسم، مثلاً با حذف بخش لیپوپلی ساکاریدی (LPS) باکتری، باعث سهولت تشکیل محصول نهایی می شود. محیطهای کشت چنین موتانهایی به طور خودبه خودی به هم چسبیده و گلوله ای شکل می شوند و در نتیجه مراحل جداسازی با نیروی گریز از مرکز ضروری کاهش می یابد. با وجود این باید دقت کرد که از دیواره این باکتریها مواد درون سلولی مانند پروتئینهای فضای پری پلاسمی (Periplasmic space) به خارج نشت نکنند یا باکتری لیز نشود.



شکل ۸ - شالوده سدیم آلزینات - G: گولورونیک اسید و M: مانورونیک اسید [۷].



شکل ۱۱ - شالوده سلولز [۱۵].



شکل ۹ - زیر واحد تکراری در شالوده ژلان [۱۲].

است. همچنین می‌توان انواع پلی ساکاریدها را توسط سوبه‌هایی از باکتریها که سرعت رشد بیشتری دارند تولید کرد.

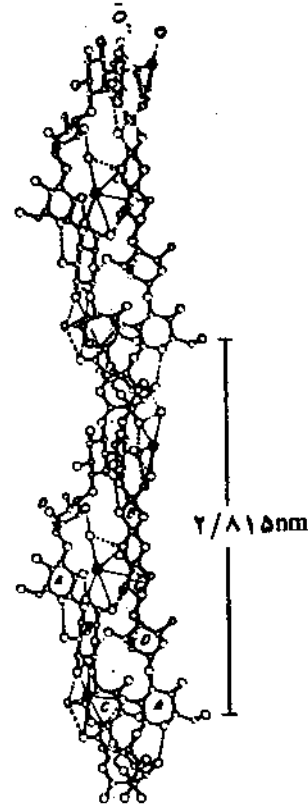
نتیجه‌گیری

در این مقاله به طور خلاصه به چند زیست پلیمر پلی ساکاریدی که با استفاده از میکروارگانیسمها و منابع کربن ارزان قیمت زیست سنتز می‌شوند اشاره شد. امروزه کمتر از ۱٪ از محصولات پلیمری در جهان با استفاده از زیست تکنولوژی تولید می‌شوند و ۹۹٪ باقیمانده از ذخایر نفتی به دست می‌آیند. با وجود این، پژوهشهای بسیاری در دست انجام‌اند تا با توجه به ارزانی منابع اولیه کربن و روشهای تخمیری - آنزیمی، که آلاینده محیط زیست نمی‌باشند و منابع طبیعی را نیز از میان نمی‌برند، این مواد را تهیه کرد. در ضمن، با بهینه سازی و مقرون به صرفه کردن هرچه بیشتر روشها می‌توان زیست پلیمرهای مختلف با کاربردهای گوناگون در صنایع را تولید کرد.

هواج

- 1 Baird J.K. et al., *Biotechnology*, 1, 778-783, 1983.
- 2 Baird J.K. and Pettitt D.J., *Biogums Used in Food and Made by Fermentation in Biotechnology and Food Ingredients*, Van Nostrand Publications, 1991.
- 3 Berkely R.C.W., Gooday G.W. and Ellwood D.C. (eds.), *Microbial Polysaccharides and Polysaccharases*, Society for General Microbiology, Academic Press., 1979.
- 4 Brierly D.P. et al.; *Materials and Biotechnology, Biotechnology: Principles and Applications*, Blackwell Scientific Publications, 1988.
- 5 Chandrase Karau R. et al., *Carbohydrn.Res.*, 181, 23-40, 1988.
- 6 Fyfe J.A.M. et al.; *Synthesis, Regulation and Biological Function of Alginate, Progress in Industrial Microbiology*, 18, 45-83, Elsevier Pub., 1983.

شکل ۱۰ - شالوده بلوری پتاسیم ژلان [۵].



338, 382-393, 1974.

- 16 McCormick R.D., *Food Prod.Dev.*, 7, 5, 17-20, 1973.
- 17 Moorehouse R. et al.; Xanthan Gum - Molecular Conformation and Interaction, *Extracellular Polysaccharides*, 90-102, ACS, 1977.
- 18 Nishimari K.; Food Hydrocolloids in Japan, *Gums and Stabilisers for the Food Industry*, 373-391, IRL Press, 1988.
- 19 Pharmacia Fine Chemicals, *Dextran, Defined Polymer for Biological Research*.
- 20 Pharmacia Fine Chemicals, *Sephaeryl for High Performance Gel Filtration*.
- 21 Pharmacia Fine Chemicals, *Filtration, sur Gel*.

- 7 Gacasa P., *Carbohydr.Polym.*, 8, 3, 161-182, 1988.
- 8 Goldberg I. and Williams R., *Biotechnology and Food Ingredients*, Chapman and Hall, 1991.
- 9 Hannigan K., *Edible Plastic Food Eng.*, 56, 3, 98-99, 1984.
- 10 Harada T.; Production, Properties and Application of Curdlan, *Extracellular Microbial Polysaccharides*, ACS, 265-283, 1977.
- 11 Jansson P. et al., *Carbohydr.Res.*, 45, 275-282, 1975.
- 12 Kuo M.S. et al., *Carbohydr.Res.*, 156, 173-187, 1986.
- 13 Marquet M. et al., *J.Ind.Microbiol.*, 4, 1, 55-64, 1988.
- 14 Marx J.L., *A Revolution in Biotechnology*, Cambridge University Press, 1989.
- 15 Marx - Figini M. and B.G. Pion, *Biochem.Biophys.Acta*,

از صفحه ۱۲۳

Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, 595-622, 1982.

- 15 Chiu S.Y., Erikson L.E., Fan L.T., and Kao I.C., Kinetic Model Identification in Mixed Population Using Continuous Culture Data, *Biotechnol.Bioeng.*, 14, 207-231, 1972.

- 11 Jafvert C.T., and Wolfe N.L., Degradation of Selected Halogenated Ethanes in Anoxic Sediment-Water System, *Environ.Toxicol.Chem.*, 6, 827-837, 1987.
- 12 Buller C.S. and Voepel K.C., Production and Purification of an Extracellular Polyglucan Produced by *Cellulomonas Flavigena*, *J.Ind.Microbiol.*, 5, 139-146, 1990.
- 13 Buller C.S., U.S. Patent No.4/908/310, 1990.
- 14 Bremner J.M. and Mulvaney C.S., *Methods of Soil Analysis*,