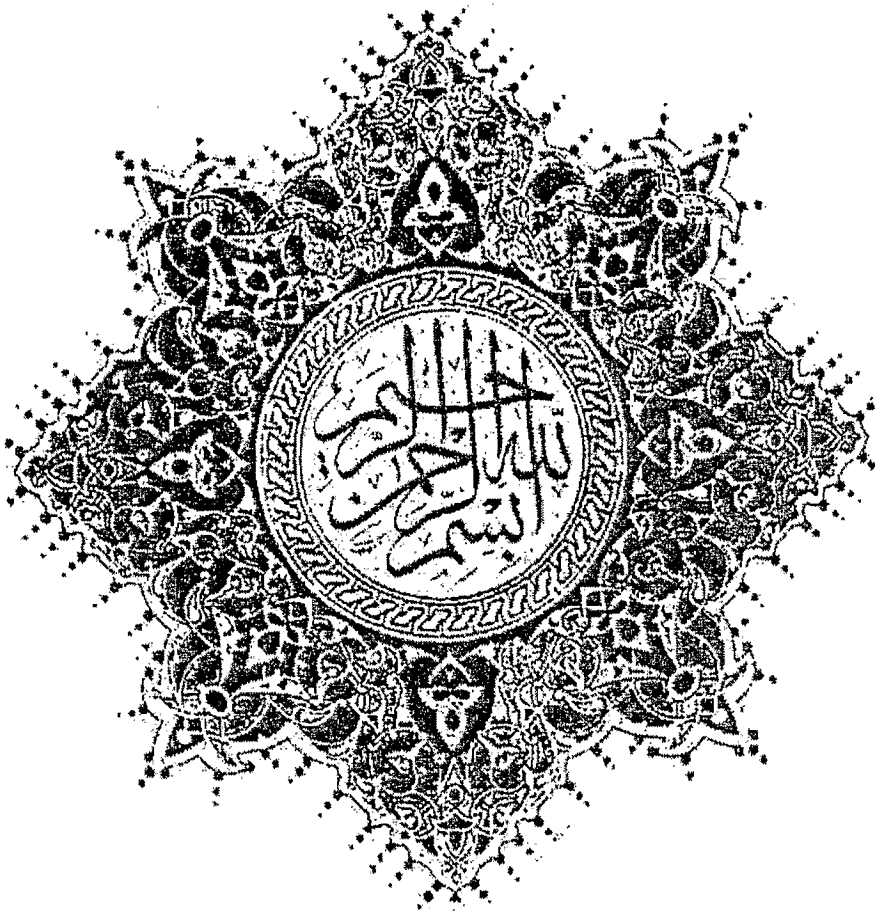


٩٠٨٤٠١

۸۷/۱/۱۰۲۲۴۲
۸۷/۱۵/۲۸

دانشگاه شهید بهشتی

پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی

گروه فیتوشیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

استخراج و شناسائی بیوپلیمر آگار از سه نوع جلبک دریایی *Gracilariopsis persica* و *Gracilaria corticata* ،*Gracilaria salicornia*

استخراج و تعیین ساختار ترکیب فلاونوئید-*O*-گلیکوزید استیل شده لینارین از گونهٔ *Salvia aristata*

نگارش

یوسف دشتی

اساتید راهنما

دکتر پیمان صالحی

دکتر فاطمه سفید کن

استاد مشاور

رضا ربیعی

۱۳۸۷ /۱۰/ ۶

شهریورماه ۱۳۸۷

۱۰۸۴۰۹

تاریخ .....
شماره .....
پیوست .....

دانشگاه شهید بهشتی

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد

تهران ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳ اوین
تلفن: ۲۹۹۰۱

بازگشت به مجوز دفاع شماره ۸۷/۶/۹ د/۲۰۰/۲۶۱۴ مورخ ۸۷/۶/۹ مدیر محترم تحصیلات تکمیلی، پایان نامه آقای یوسف دشتی به شناسنامه شماره ۱۲۳۳ صادره از بوشهر متولد ۱۳۵۸ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته فیتو شیمی

با عنوان:

۱: استخراج و شناسایی بیوپلیمر آگار از سه گونه جلبک دریایی *Gracilaria salicornia*، *Gracilaria corticata* و *Gracilariopsis persica*

۲. استخراج و تعیین ساختار فلاونوئید *O*–گلیکوزید استیله شده لینارین از گیاه *Salvia aristata*

به راهنمایی:

آقای دکتر پیمان صالحی و خانم دکتر فاطمه سفیدکن

طبق دعوت قبلی در تاریخ ۸۷/۱۰/۲۷ تشکیل گردید و بر اساس رأی هیأت داوری و با عنایت به ماده ۲۰ آئین نامه کارشناسی ارشد مورخ ۷۵/۱۰/۲۵ پایان نامه مزبور با نمره ۱۹/۸۳ و درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

ردیف	هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱-	استاد راهنما:	آقای دکتر پیمان صالحی	استاد	
۲-	استاد راهنما:	خانم دکتر فاطمه سفیدکن	دانشیار	
۳-	استاد مشاور:	آقای رضا ربیعی	مربی	
۴-	داور خارجی:	آقای دکتر سعید بلالایی	استاد	
۵-	داور داخلی:	آقای دکتر علیرضا قاسم پور	دانشیار	

تقدیم به دو بهترینم

مهربان مادرم

و

تنها بهانه ام برای ادامه زندگی، فاطمه عزیزم

«و همه کسانی که علم را برای بهتر ساختن جامعه می خواهند»

انجام این تحقیق را مدیون بزرگوارانی هستم که بی شک، بی لطف و محبت آنها، انجام آن امکان پذیر نبود.

در ابتدا از کسی که جرقه این شمع کور سوز را زد، استاد بزرگم آقای حسین نریمانی و کسی که به این شعله کم نور به اندازه طول عمرم انرژی برای سوختن داد، خانم دکتر فاطمه تمدن تشکر می کنم.

از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر پیمان صالحی که افتخار شاگردی ایشان را در این دوره داشتم و به پاس درس های زندگی که از او آموختم و راهنمائی های ارزنده شان کمال تشکر و امتنان را دارم و همچنین از خانم دکتر فاطمه سفید کن که راهنمائی این پروژه را به عهده گرفتند، سپاسگذاری می کنم.

از اساتید بزرگوار جناب آقایان دکتر حسن رفعتی، دکتر علیرضا قاسم پور، دکتر برهمن موثق و دکتر مهدی جلالی هروی که در محضر ایشان کسب علم کردم و بسیار آموختم، تشکر و تقدیر فراوان دارم.

از آقایان مهندس رضا ربیعی و مهندس علی سنبلی، که زحمت جمع آوری نمونه ها را کشیده اند، صمیمانه قدردانی می کنم.

از جناب آقای مهندس صمد نژاد ابراهیمی، به خاطر راهنمائی های بی دریغشان و آقای مهندس بهزن زاده، به پاس حوصله فراوانشان در کسب طیف های NMR بسیار سپاسگذارم.

از پدر و مادر دوست داشتنی، همسر عزیزم و همچنین خواهر و برادرهایم شیما، نیما و محمد به خاطر اینکه همیشه در کنارم بودند و اینکه حضورشان برایم روحیه بخش است، تشکر و قدردانی می کنم.

از دوستان خوبم آقایان حسن رضادوست، مرتضی غلامی، محمود احمدی، مهدی عیاری، حسین هاشم پور، فرخ اقتصادی، ارسلان خوبانی، غلامعلی شادمان، احسان عصاره و خانم ها مریم خواجوئی، فاطمه میرزاجهانی، سهی احمدی، زهرا بهرامی، فرخنده فتحی، مریم یوسفی، سارا اسلامبولچی، مینا منظری و مژگان فتح آبادی که در این مدت یار و همراه من بودند، صمیمانه تشکر نموده و برای تمامی آنها روزهای سرشار از خوشی و کامیابی آرزومندم.

چکیده

این پایان نامه مشتمل بر دو بخش است:

بخش اول شامل استخراج و شناسائی بیوپلیمر آگار از سه نوع جلبک دریایی *Gracilaria salicornia*، *Gracilaria corticata* و *Gracilariopsis persica* (در سه منطقهٔ جذر و مدّی)، جمع آوری شده از سواحل خلیج فارس، می باشد. در این بخش درصد آگار، درصد مونوساکاریدهای سازندهٔ این پلیمر، تعیین موقعیت گروه سولفات و متیل بر روی ساختار، درجهٔ سولفاته شدن(DS)، درصد پروتئین های متصل به آگار و وزن مولکولی بیوپلیمر های استخراج شده با استفاده از روش های آنالیز مختلف شامل NMR، IR، هیدرولیز و مشتق سازی قندها و در ادامه آنالیز مونوساکاریدها با استفاده از GC و GC-MS، آنالیز عنصری و کروماتوگرافی نفوذ ژلی (GPC) مورد بررسی قرار گرفت. در میان این سه گونه، بیشترین درصد استخراج (۲۲/۴٪ برای منطقهٔ بالای جذر و مدّی، ۲۴٪ برای منطقهٔ میانی و ۲۱/۵٪ برای منطقهٔ تحتانی جذرو مدّی) برای گونهٔ *Gs. persica*، مشاهده شد. آنالیز واحد های سازندهٔ پلی ساکارید آگار، قندهای β-D-گالاکتوز، *O*-۶-متیل β-D- گالاکتوز و ۶،۳-انیدرو-α-L-گالاکتوز را برای هر سه گونه نشان داد؛ علاوه بر اینکه در مورد گونهٔ *G. salicornia* حدود ۱۳٪ از قند *O*-۴-متیلα-L-گالاکتوز نیز ملاحظه شد. با استفاده ار FT-IR، موقعیت گروه سولفات روی واحدها به خوبی تشخیص داده شد که در همهٔ آنها گروه سولفات، به نسبت های مختلف، بر روی کربن شمارهٔ چهار (C_4) β-D-گالاکتوز و کربن شمارهٔ شش (C_6) α-L-گالاکتوز مشاهده شد. اندازه گیری ها و محاسبات انجام شده در جهت تعیین درصد سولفات و درجهٔ سولفاته شدن نمونه ها مشخص کرد که این مقادیر برای گونهٔ *G. salicornia* (DS=۰/۱۰) از سایر گونه ها کمتر و برای گونهٔ *G. corticata* (DS=۰/۲۵) از بقیه بیشتر می باشد. به علاوه بیشترین درصد پروتئین برای گونهٔ *Gs. Persica*، ملاحظه شد. با استفاده از دستگاه GPC، بیشترین وزن مولکولی نیز برای همین گونه تعیین شد که در این بین آگار استخراجی از گونهٔ به دست آمده از منطقهٔ تحتانی بالاترین جرم مولکولی ($۲/۲۸\times۱۰^{۵}$ g/mol) را دارا بود.

بخش دوم پایان نامه شامل استخراج و تعیین ساختار ترکیب لینارین از گونهٔ *Salvia aristata* می باشد. لینارین، یک فلاونوئید-*O*-گلیکوزید استیل شده می باشد که بعد از جداسازی از اندام هوائی گیاه، به وسیلهٔ روش های اسپکتروسکوپی IR، MS و ^{1}H NMR، ^{13}C NMR و طیف های دو بعدی COSY، HMQC و HMBC مورد شناسائی قرار گرفت. طیف جرمی (EI-MS) حاصل از این ترکیب، جرم مولکولی آگلیکون که در واقع pectolinarigenin می باشد را نشان داد و با استفاده از طیف دو بعدی HMBC اتصال گلوکز به آگلیکون (از طریق کربن آنومری خود به کربن شمارهٔ ۷ آگلیکون) و اتصال رامنوز به گلوکز (از طریق کربن آنومری رامنوز به کربن شمارهٔ ۶ گلوکز) و همچنین اتصال گروه استیل به کربن شمارهٔ ۴ رامنوز مشخص گردید.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

بخش اول

استخراج و شناسایی بیوپلیمر آگار از سه گونه جلبک دریایی

Gracilaria corticata، *Gracilaria salicornia* و *Gracilariopsis persica*

فصل اول:

۱-۱-۱-ساختار پلی ساکاریدها..... ۳
۱-۱-۱-۱-سلولز..... ۳
۱-۱-۱-۲- گلوکانها..... ۴
۱-۱-۱-۲-۱- کوردلان..... ۴
۱-۱-۱-۲-۲- اسکلروگلوکان..... ۴
۱-۱-۱-۲-۳- اسکیزوفیلان..... ۵
۱-۱-۱-۳- دکستران..... ۵
۱-۱-۱-۴-پولولان..... ۶
۱-۱-۱-۵-نشاسته..... ۶
۱-۱-۱-۶-همی سلولزها..... ۷
۱-۱-۱-۶-۱-زایلان ها..... ۷
۱-۱-۱-۶-۲-مانان ها..... ۸
۱-۱-۱-۶-۳-گالاکتان ها..... ۸
۱-۱-۱-۷-گوار..... ۱۰
۱-۱-۱-۸-اینولین..... ۱۱
۱-۱-۱-۹-کیتین و کیتوزان..... ۱۲
۱-۱-۱-۱۰-آلژینات..... ۱۳
۱-۱-۲- فعالیت بیولوژیکی پلی ساکاریدها..... ۱۳
۱-۱-۲-۱-خواص بیولوژیکی گالاکتان های سولفاته (آگاران ها و کاراگینان ها)..... ۱۵
۱-۱-۳- کاربرد پلی ساکاریدها..... ۱۵
۱-۱-۳-۱- ترکیباتی برای جداسازی انتخابی..... ۱۶
۱-۱-۳-۱-۱- فازهای ساکن برای کروماتوگرافی..... ۱۶
۱-۱-۳-۱-۲- غشاهای گزینش پذیر..... ۱۷
۱-۱-۳-۲- مواد حمل کننده..... ۱۷

۱-۱-۳-۲-۱- پیش داروها بر پایه پلی ساکاریدها..... ۱۷
۱-۱-۳-۲-۲- ذرات نانو و هیدروژل ها..... ۱۸
۱-۱-۳-۳- جایگزین پلاسما..... ۱۸
۱-۱-۴- کاربردهای آگار و آگاروز..... ۱۹
۱-۱-۴-۱- کاربردهای آگار. ۱۹
۱-۱-۴-۱-۱- کاربرد در صنایع غذائی..... ۱۹
۱-۱-۴-۱-۲- کاربرد در صنایع داروئی و زیست پزشکی..... ۱۹
۱-۱-۴-۱-۳- کاربردهای دیگر آگار..... ۲۰
۱-۱-۴-۲- موارد کاربردی آگاروز..... ۲۰
فصل دوم:
۱-۲-۱-آنالیز ساختار پلی ساکاریدها..... ۲۳
۱-۲-۱-۱- روش های شیمیایی..... ۲۳
۱-۲-۱-۲- روش های اسپکتروسکوپی..... ۲۴
۱-۲-۱-۲-۱-اسپکتروسکوپی نوری..... ۲۴
۱-۲-۱-۲-۱-۱-اسپکتروسکوپی UV/Vis..... ۲۴
۱-۲-۱-۲-۱-۲- اسپکتروسکوپی FT-IR..... ۲۴
۱-۲-۱-۲-۲-اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR)..... ۲۷
۱-۲-۱-۲-۲-۱-اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هسته کربن ۱۳..... ۲۸
۱-۲-۱-۲-۲-۲-اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هسته هیدروژن..... ۲۹
۱-۲-۱-۲-۳-تکنیک های NMR دو بعدی. ۳۲
۱-۲-۱-۲-۳- روشهای کروماتوگرافی و اسپکتروسکوپی جرمی..... ۳۲
۱-۲-۲- مروری بر روشهای آنالیز گالاکتان های جلبک های قرمز..... ۳۴
۱-۲-۲-۱- آنالیز واحدهای سازنده..... ۳۵
۱-۲-۲-۲- آنالیز نحوه اتصال واحدهای مونوساکارید به یکدیگر..... ۳۷
۱-۲-۲-۳- تعیین ترتیب و توالی واحدهای مونوساکارید در ساختار پلی ساکارید..... ۳۸
۱-۲-۲-۴- تعیین درجهٔ سولفاته شدن و محل قرار گرفتن گروه سولفات روی واحدها..... ۳۹
فصل سوم:
۱-۳-۱- جایگاه خانواده Gracilariacea در شاخه جلبک‌های قرمز..... ۴۲
۱-۳-۱-۱- مشخصات گیاه شناسی گونه *Gracilaria corticata*..... ۴۲
۱-۳-۱-۲- خصوصیات گیاه شناسی گونه *Gracilaria salicornia*..... ۴۳
۱-۳-۱-۳- مشخصات گیاه شناسی گونه *Gracilariopsis persica*..... ۴۴

۱-۳-۱-۴- فیتوشیمی گونه *G. corticata* ۴۵
۱-۳-۱-۵- فیتوشیمی گونه *G. Salicornia* ۴۶
فصل چهارم:
۱-۴-۱- منابع جلبکی استفاده شده ۴۸
۱-۴-۲- آماده سازی نمونه های جلبکی ۴۸
۱-۴-۳- استخراج آگار ۴۸
۱-۴-۴- تعیین درصد استخراج ۴۹
۱-۴-۵- اندازه گیری مقدار پروتئین در آگار ۴۹
۱-۴-۶- آنالیز مقدماتی واحدهای تشکیل دهنده با استفاده از روش دوبار هیدرولیز وکاهش ۴۹
۱-۴-۷- دستگاهوری ۵۰
۱-۴-۷-۱- دستگاه GC-MS ۵۰
۱-۴-۷-۲- دستگاه GC ۵۱
۱-۴-۷-۳- اسپکتروسکوپی مادون قرمز ۵۱
۱-۴-۷-۴- کروماتوگرافی نفوذ ژلی ۵۱
۱-۴-۷-۵- اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هستهٔ کربن ۵۱
۱-۴-۷-۶- آنالیز عنصری ۵۱
فصل پنجم:
۱-۵-۱- استخراج وآنالیز آگار از جلبک های دریایی *G. salicornia*، *G. corticata* و *Gs. persica* ۵۳
۱-۵-۲- تعیین درصد پروتئین و درجه سولفاته شدن (DS) نمونه ها با استفاده از آنالیز عنصری ۵۳
۱-۵-۳- آنالیز ترکیب شیمیایی آگار استخراج شده از *Gs. Persica* ۵۵
۱-۵-۳-۱- آنالیز با استفاده از GC و GC-MS ۵۵
۱-۵-۳-۲- بررسی طیف ^{13}C-NMR ۵۶
۱-۵-۳-۳- بررسی طیف FT-IR ۵۷
۱-۵-۴- آنالیز ترکیب شیمیایی آگار استخراج شده از *G. Corticata* ۵۹
۱-۵-۴-۱- آنالیز با استفاده از GC و GC-MS ۵۹
۱-۵-۴-۲- بررسی طیف ^{13}C-NMR ۵۹
۱-۵-۴-۳- بررسی طیف FT-IR ۶۰
۱-۵-۵- آنالیز ترکیب شیمیایی آگار استخراج شده از *Gracilaria salicornia* ۶۱
۱-۵-۵-۱- آنالیز با استفاده از GC و GC-MS ۶۱
۱-۵-۵-۲- بررسی طیف ^{13}C-NMR ۶۱
۱-۵-۵-۳- بررسی طیف FT-IR ۶۲

۱-۵-۶- بررسی نتایج کروماتوگرافی نفوذ ژلی نمونه ها..... ۶۲
مراجع بخش اول..... ۸۲

بخش دوم

استخراج و تعیین ساختار فلاونوئید O–گلیکوزید استیله شده لینارین از گیاه *S. aristata*

فصل اول:
۲-۱-۱- دسته بندی فلاونوئید ها..... ۹۳
۲-۱-۱-۱- فلاونوئیدها..... ۹۳
۲-۱-۱-۲- ایزوفلاونوئیدها..... ۹۴
۲-۱-۱-۳- نئوفلاونوئیدها..... ۹۵
۲-۱-۱-۴- فلاونوئیدهای با پراکندگی کمتر..... ۹۶
۲-۱-۲- روش های آنالیز فلاونوئیدها..... ۹۷
۲-۱-۲-۱- روش های کروماتوگرافی مورد استفاده جهت جداسازی و شناسایی فلاونوئیدها..... ۹۷
۲-۱-۲-۱-۱- کروماتوگرافی کاغذی..... ۹۷
۲-۱-۲-۱-۲- کروماتوگرافی ستونی..... ۹۷
۲-۱-۲-۱-۳- کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)..... ۹۸
۲-۱-۲-۲- روش های اسپکتروسکوپی مورد استفاده برای شناسایی فلاونوئیدها..... ۹۸
۲-۱-۲-۲-۱- طیف ماوراء بنفش و مرئی..... ۹۸
۲-۱-۲-۲-۲- طیف مادون قرمز..... ۹۹
۲-۱-۲-۲-۳- طیف رزونانس مغناطیسی هسته..... ۹۹
فصل دوم:
۲-۲-۱-گیاه شناسی گونه *Salvia aristata*..... ۱۰۱
۲-۲-۲-بررسی فلاونوئیدهای استخراج شده از جنس سالویا..... ۱۰۳
فصل سوم:
۲-۳-۱- مواد شیمیائی و دستگاه های مورد استفاده..... ۱۱۲
۲-۳-۱-۱- مواد و لوازم شیمیایی مورد استفاده..... ۱۱۲
۲-۳-۱-۲- اسپکتروسکوپی رزونانس مغناطیسی هسته..... ۱۱۲
۲-۳-۱-۳- دستگاه GC-MS..... ۱۱۲
۲-۳-۱-۴- اسپکتروسکوپی مادون قرمز و پلاریمتر..... ۱۱۳
۲-۳-۲- منبع گیاهی مورد استفاده..... ۱۱۳

۲-۳-۳- آماده سازی نمونهٔ گیاهی..... ۱۱۳
۲-۳-۴- عصاره گیری..... ۱۱۳
۲-۳-۵- جداسازی اجزای تشکیل دهندهٔ عصاره..... ۱۱۴
۲-۳-۶- شناسایی قندها توسط هیدرولیز و مشتق سازی..... ۱۱۵
فصل چهارم:
۲-۴-۱-شناسائی و تعیین ساختار ترکیب جداشده از *Salvia aristata*..... ۱۱۸
۲-۴-۱-۱-بررسی طیف جرمی..... ۱۱۹
۲-۴-۱-۲-بررسی طیف FT-IR..... ۱۱۹
۲-۴-۱-۳-بررسی طیف ^{1}HNMR..... ۱۱۹
۲-۴-۱-۴-بررسی طیف ^{13}CNMR..... ۱۲۰
۲-۴-۱-۵-بررسی طیف های DEPT 135 و DEPT 90..... ۱۲۰
۲-۴-۱-۶-بررسی طیف های دوبعدی NMR..... ۱۲۱
مراجع بخش دوم..... ۱۴۸

بخش اول

استخراج و شناسایی بیوپلیمر آگار از سه گونه جلبک دریایی *Gracilaria salicornia*، *Gracilaria corticata* و *Gracilariopsis persica*

فصل اول

پلی ساکاریدها:

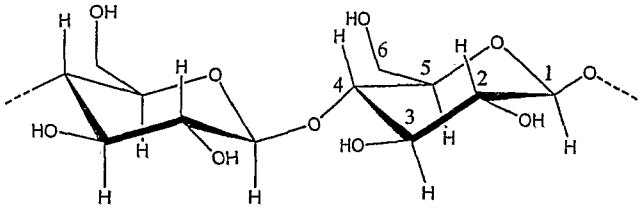
ساختار، خواص بیولوژیکی و کاربرد

۱-۱-۱-ساختار پلی ساکاریدها

طیف گسترده ای از پلی ساکاریدها از گیاهان، میکروارگانسیم ها، قارچها، ارگانیسم های دریایی و جانوران با دارا بودن ساختارهای متنوع و وظایف متفاوت بدست آمده است. گزارش های فراوانی در مورد ساختار مولکولی، فرا مولکولی و مورفولوژیکی پلی ساکاریدها در دستـــرس است [۶-۱] که در زیر خلاصه ای از آنها همراه با معرفی معروفترین و فراوانترین این پلی ساکاریدها آورده شده است.

۱-۱-۱-۱-سلولز[1]

سلولز، فراوان ترین ترکیب آلی، یک هموپلیمر خطی تشکیل شده از واحدهای D-گلوکوپیرانوز[2] است که از طریق پیوندهای گلیکوزیدی (۴←۱)-β به هم متصل شده اند (شکل ۱-۱-۱). اگر چه سلولز دارای یک ساختار ملکولی ساده و منحصر به فردی است، لیکن می تواند از طریق پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین مولکولی ساختارهای فرا مولکولی[3] خیلی پیچیده را تشکیل دهد، که تأثیرات نسبتاً قابل توجهی روی خواص آن مثل واکنش پذیری می گذارد [۸، ۷]. بحث مفصّلی در رابطه با ساختارهای مختلف سلولز (ساختار مولکولی، فرا مولکولی و مورفولوژیکی آن) توسط سالیوان[4] در سال ۱۹۹۷، صورت گرفته است [۹].



شکل ۱-۱-۱- ساختمان سلولز

[1] Cellulose
[2] D-glucopyranose
[3] Supramolecular
[4] Sullivan

۱-۱-۱-۲- گلوکانها[1]

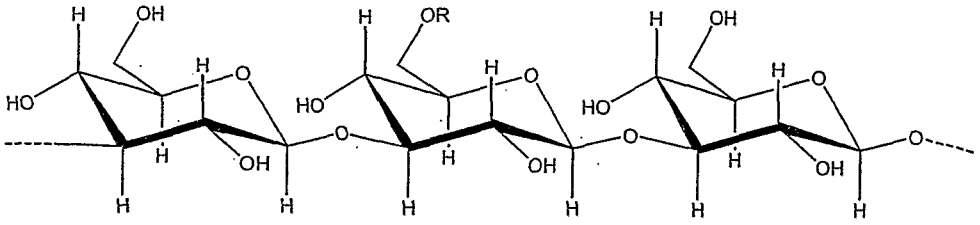
این نوع پلی ساکاریدها که به عنوان glucans طبقه بندی می شوند قدرت سیستم ایمنی بدن انسان را تحریک و افزایش می دهند. در زیر به چند نمونه از آنها اشاره شده است.

۱-۱-۱-۲-۱- کوردلان[2]

اگر چه پلی ساکاریدهای نوع کوردلان در ارگانیسم های زندهٔ گوناگون شامل قارچ ها، مخمرها، جلبک ها، باکتری ها و گیاهان وجود دارند، ولی تاکنون فقط از باکتری های متعلق به جنس های *Alcaligenes* و *Agrobactrium* جداسازی شده اند که هموپلیمر خطی تولید می کنند.

۱-۱-۱-۲-۲- اسکلروگلوکان[3]

اسکلروگلوکان یک هموپلی ساکارید خنثی شامل D-گلوکز خطی با اتصال β-(۱→۳) است، که دارای D-گلوکز به عنوان زنجیر جانبی با اتصال β-(۱→۶) در هر سه واحد تکرار شونده از زنجیر اصلی است (شکل ۱-۱-۲) [۱۰]. این پلی ساکارید در آب و DMSO حل می شود. اسکلروگلوکان به صورت خارج سلولی در باکتری *Sclerotium glucanicum* و بقیه گونه های *Sclerotium* بیوسنتز می شود.



شکل ۱-۱-۲- ساختار شیمیایی β-(۱→۳)-گلوکانها:

کوردلان (R = H)، اسکلروگلوکان (واحدهای β-D-گلوکوپیرانوزیل R =)

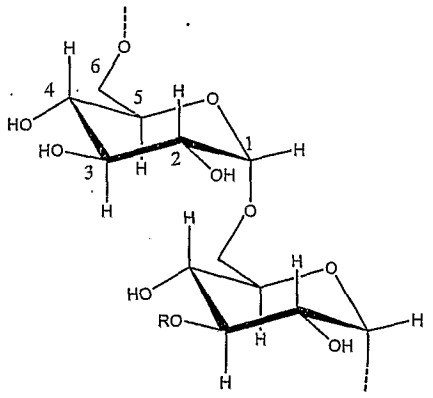
[1] Glucans
[2] Curdlan
[3] Scleroglucan

۱-۱-۱-۲-۳- اسکیزوفیلان[1]

این پلی ساکارید به وسیلهٔ باکتری *Schizophyllum comrnun* سنتز شده که شامل ساختار اولیه ای مثل ساختار اسکلروگلوکان است [۱۱].

۱-۱-۱-۳- دکستران[2]

دکستران که به وسیلهٔ باکتری هایی مثل *Leuconostoc* و *Streptococcus* تولید می شود، یک خانواده از پلی ساکاریدهای خنثی شامل D-گلوکز با اتصالات (۶←۱)-α به عنوان زنجیر اصلی و دارای سهم متفاوت از اتصالات و شاخه های جانبی (بستگی به باکتری استفاده شده) می باشد. گلوکز از طریق پیوندهای (۲←۱)-α و (۳←۱)-α به عنوان شاخه های جانبی به زنجیر اصلی متصل است (شکل ۱-۱-۳) [۱۲]. اکثر زنجیرهای جانبی (شاخه ها) شامل یک تا دو واحد گلوکزی است. دکستران معمولاً در آب و محلول های مانند فرمامید و گلیسرول قابل حل است.



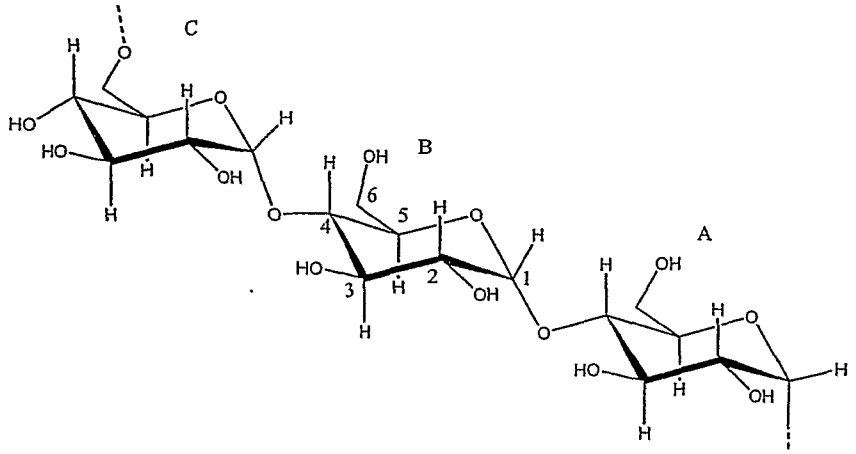
شکل ۱-۱-۳- ساختار دکستران بدست آمده از *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-512F

R = بیشتر H و ۵٪ گلوکز یا گالاکتوپیرانوزیل-α-D-گلوکوپیرانوزید با اتصال (۶←۱)-α.

[1] Schizophyllan
[2] Dextran

۱-۱-۱-۴-پولولان[1]

پولولان یک پلی ساکارید خنثی و قابل حل در آب است که از قارچهای چند ریختی[2] *Aureobasidium Pullulan* بدست می آید. پولولان یک پلیمر خطی با واحدهای تکرار شوندهٔ مالتوتری ئوز از طریق اتصالات (۶←۱)-α است [۱۴، ۱۳]. واحدهای مالتوتری ئوز شامل سه واحد D-گلوکز متصل شده از طریق (۴←۱)-α می باشد (شکل ۱-۱-۴). بنابراین ساختار مولکولی پولولان یک حد واسط بین آمیلوز و دکستران است زیرا شامل هر دو پیوند گلیکوزیدی در یک پلیمر می شود.



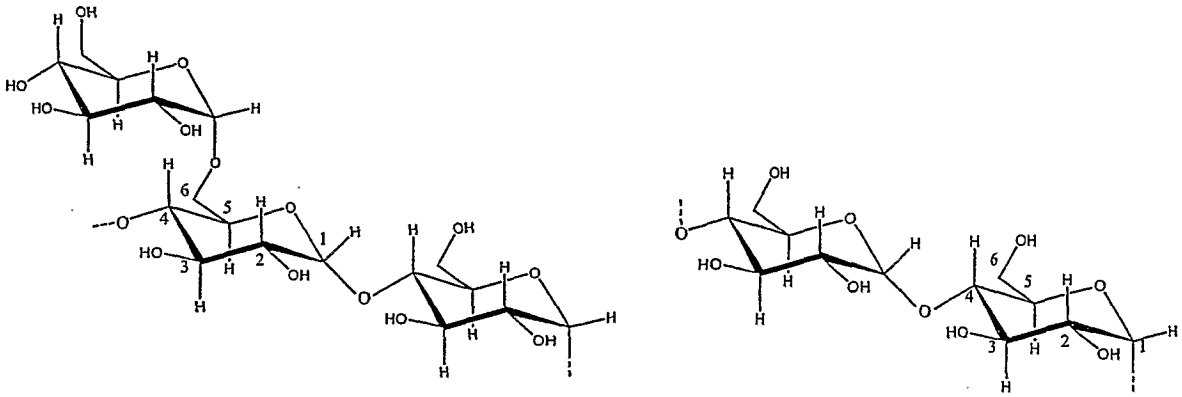
شکل ۱-۱-۴- ساختار پولولان

۱-۱-۱-۵-نشاسته[3]

نشاسته شامل دو پلیمر ابتدایی با واحدهای D-گلوکز، یعنی آمیلوز با اتصالات خطی (۴←۱)-α و آمیلو پکتین با اتصالات خطی (۴←۱)-α که دارای شاخه های با اتصال (۶←۱)-α است، می باشد (شکل ۱-۱-۵). جرم ملکولی آمیلوز حدود 10^{5}-10^{6} g/mol، در حالی که آمیلو پکتین 10^{7}-10^{8} g/mol است. نسبت آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در نشاسته، بسته به گونهٔ گیاهی استفاده شده متفاوت می باشد.

---

[1] Pullulan
[2] Polymorphic
[3] Starch



شکل ۱-۱-۵- ساختار آمیلوز(راست) و آمیلوپکتین(چپ)

۱-۱-۱-۶-همی سلولزها[1]

همی سلولز یکی از فراوان ترین پلی ساکاریدها در جهان است و ۲۰ تا ۳۰ درصد حجم کل درختان یک ساله و پایا را تشکیل می دهد. بر اساس یک تعریف کلاسیک، همی سلولز یک پلی ساکارید دیوارهٔ سلولی است که به وسیلهٔ محیط آبی قلیایی قابل استخراج است. همی سلولز یک تنوع ساختاری وسیع را شامل می شود [۱۵] که از جمله آنها زایلان ها[2]، مانان ها[3] و گالاکتان ها[4] می باشند.

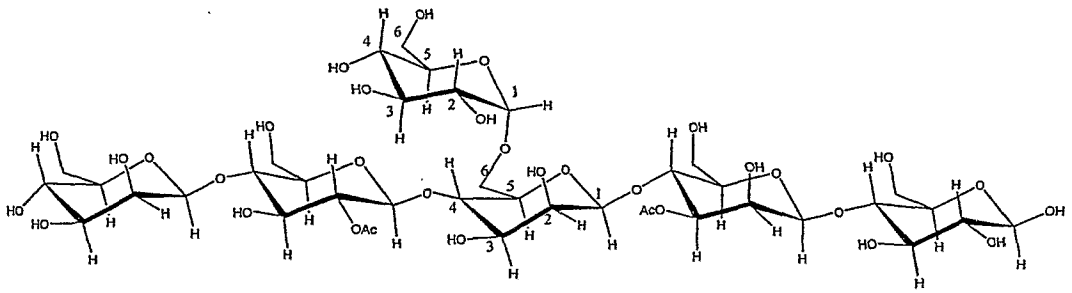
۱-۱-۱-۶-۱-زایلان ها

پلی ساکاریدهای نوع زایلان، در چندین تنوع ساختاری در گیاهان زمینی، جلبک ها و حتی در بافت های مختلف یک گیاه شناخته شده اند [۱۶].

[1] Hemicelluloses
[2] Xylans
[3] Mannans
[4] Galalctans

۱-۱-۱-۶-۲-مانان ها

مانان ها بیشتر در درختان رسته مخروطیان یافت می شوند که شامل واحدهای قندی مانوز، گلوکز و گالاکتوز می باشند و ممکن است با توزیع متفاوت استیله شوند. یک گلوکومانان بدست آمده از چوب نرم در شکل ۱-۱-۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱-۶- ساختار یک گلوکومانان چوب نرم

۱-۱-۱-۶-۳-گالاکتان ها

پلی ساکاریدهای گالاکتان که بیشتر به گالاکتان های سولفاته مشهور هستند، مادهٔ اصلی سازندهٔ دیوارهٔ سلول و ماتریکس بین سلولی جلبک های قرمز را تشکیل می دهند [۱۹-۱۷]. دو نوع مهم از این پلی ساکاریدها آگار و کاراگینان می باشند که خواص با ارزش ژله ای و تثبیت کننده دارند و به طور صنعتی از جلبک ها تهیه می شوند [۲۱، ۲۰]. نمونه هایی که خواص ژله ای ندارند نیز معمولاً ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند [۲۲]. گالاکتان های جلبک قرمز، پلی ساکاریدهای سولفاته با ساختار تکرار شونده هستند که از بسیاری جهات با پلی ساکاریدهای پیوند دهندهٔ بافت ها در جانوارن مشابه می باشند. این نوع پلی ساکارید معمولاً شامل یک ساختار خطی ساخته شده از واحدهای متوالی β-گالاکتوپیرانوز[1] با اتصال از موقعیت ۳ و α-گالاکتوپیرانوز با اتصال از موقعیت ۴ می باشد. واحدهای β- گالاکتوز همیشه جزء سری D می باشند. واحدهای α- گالاکتوز در کاراگینان ها D و در آگارها L می باشند. باید توجه داشت که چه در آگارها و چه

[1] β-D- galactopyranose