



بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کاربردی و ساختاری پکتین

فاطمه نظری

جهاد دانشگاهی پژوهشکده علوم پایه کاربردی گروه پژوهشی نانو و بیوفیزیک

*ایمیل نویسنده مسئول: ftnazari@gmail.com

چکیده

پکتین یک پلیمر طبیعی است که در دیواره سلولی بسیاری از گیاهان یافت می‌شود و کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف دارد. به طور معمول، استخراج پکتین تجاری با روش اسیدی انجام می‌گیرد. امروزه این روش عمومی ترین، اقتصادی ترین و رایج ترین روشی است که برای استخراج پکتین از محصولات جانبی زراعی استفاده می‌شود و این روند معمولاً براساس هیدرولیز پروتوپکتین ها در دمای بالا صورت می‌پذیرد. پکتین یک پلی ساکارید طبیعی است که به خوبی در بدن انسان قابل تجزیه است و از نظر زیستی بی خطر است. این ویژگی باعث می‌شود که از پکتین به عنوان یک ماده پایه در سیستم‌های رهایش هدفمند استفاده شود. پکتین با ساختار پیچیده و خواص منحصر به فرد، در صنایع غذایی، دارویی و بسته بندی زیست تخریب پذیر جایگاه ویژه ای یافته است. یکی از مهم ترین کاربردهای ماتریس های پکتینی فعال شده، در دارورسانی هدفمند است. این سیستم ها می توانند به طور خاص داروها را به بافت های هدف مانند تومورها یا نواحی خاص بدن منتقل کنند. یکی از مهم ترین کاربردهای ماتریس های پکتینی فعال شده، در دارورسانی هدفمند است. این سیستم ها می توانند به طور خاص داروها را به بافت های هدف مانند تومورها یا نواحی خاص بدن منتقل کنند. همچنین برای رساندن مواد مغذی و مکمل ها به بدن به صورت کنترل شده و هدفمند نیز می توان از این ماتریس ها استفاده کرد.

واژه های کلیدی: پکتین، پلی ساکارید، گلیکوزید، گالاکتورونیک اسید

۱- مقدمه

میوه ها بخش مهمی از رژیم غذایی انسان می باشند که دارای بسیاری از ترکیبات مفید برای سلامت انسان از جمله ویتامین، قند، مواد معدنی، اسیدهای آلی، آنتی اکسیدان و دیگر ترکیبات مغذی هستند. با این وجود بسیاری از میوه ها دارای عمر ماندگاری پایینی هستند که این امر موجب افزایش میزان ضایعات، به خصوص در کشور ما به دلیل نبود زیرساخت های استاندارد برای نگهداری طولانی مدت محصول میشود. از طرف دیگر ضایعات بیش از اندازه محصولات باغی (حدود ۴۰-۳۰ درصد)، یکی از مشکلات اصلی بخش کشاورزی کشور بوده که با وجود تولیدات انبوه محصولات در باغهای سراسر کشور امروزه گریبانگیر بخش کشاورزی است. از آنجایی که ایجاد زیرساخت های استاندارد و پیاده سازی روشهایی که موجب افزایش طول عمر محصولات میشود پر هزینه بوده بنابراین میتوان می توان ضایعات را به فرآورده های ارزشمند تبدیل کرد. با توجه به این که حجم دور ریز ضایعات کشاورزی در کشور ما قابل تأمل بوده و بر اساس آمارهای موجود، تقریباً نیمی از محصولات کشاورزی بدون اینکه به مصرف برسند، در مراحل مختلف از بین می روند. اهمیت این مسئله زمانی بیشتر میشود که بدانیم در بسیاری از کشورها، ضایعات کشاورزی منبع تولید موادی مانند پکتین هستند، در حالی که کشور ما سالانه میلیون ها دلار صرف واردات این مواد می کند.

پکتین نوعی پلی ساکارید ساختاری است که در دیواره سلولی بافتهای گیاهی یافت میشود و نقش مهمی را به عنوان ماده سیمانی ایفا می کند عمدتاً از واحدهای دیگالاکتورونیک اسید تشکیل شده است که با پیوندهای گلیکوزیدی به هم متصل شده



و تشکیل یک زنجیره خطی می دهند که به این زنجیره خطی، زنجیره های جانبی فندهای خنثی دیگری مانند ال-رامنوز، ال-آرابینوز و دی-گالاکتوز متصل شده است [۱].

پکتین به عنوان یک افزودنی سالم در صنایع غذایی، آرایشی، دارویی و سایر صنایع کاربردهای فراوانی دارد که به عنوان یک عامل ژل دهنده، تثبیت کننده، غلیظ کننده و امولسیفایر شناخته شده است و در تولید مرباها و ژله ها، عصاره میوه ها، شیرینی ها و پرکننده های نانوائی و پایداری سازی محصولات لبنی نظیر دوغ کاربرد دارد (۴-۵). با پیشرفت فناوری، کاربردهای دارویی (به عنوان حامل های دارو یا بیوپلیمرهای ترمیم بافت) و آرایشی-بهداشتی (به عنوان پایدارکننده و عامل رئولوژیک) نیز گسترش یافته اند. پکتین، علاوه بر خواص ژل شوندگی، توانایی امولسیون سازی و تشکیل لایه های نازک پوششی را نیز دارا می باشد که آن را به گزینه ای مناسب برای بسته بندی های زیست تخریب پذیر تبدیل کرده است.

همچنین حضور پکتین در رژیم غذایی انسان بسیار مفید می باشد زیرا به کلسترول و گلوکز موجود در دستگاه گوارش متصل شده و باعث کاهش میزان جذب آن ها در خون می شود [۲].

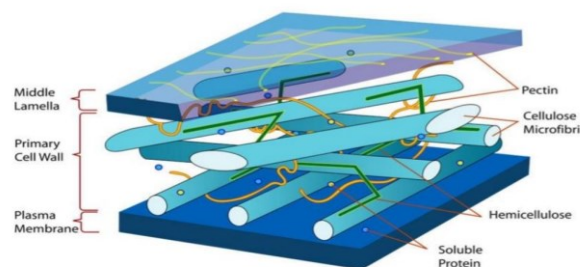
با توجه به خواص کاربردی و تغذیه ای پکتین، هر ساله شیب مصرف آن صعودی بوده و به طور میانگین ۴-۵ درصد، مصرف آن در صنایع مختلف افزایش می یابد.

امروزه در مقیاس صنعتی عمدتاً از پوست مرکبات یا تفاله سیب برای استخراج پکتین استفاده می شود که هر دو فراورده های جانبی تولید عصاره از این میوه ها هستند ولی محققان و تولیدکنندگان همواره به دنبال منابع جدید بوده اند و در این راستا مطالعات زیادی را نیز بر روی پکتین محصولات دیگر مانند پوست کاکای، تفاله لوبیا، دانه آفتابگردان و پوست انبه، پوست هندوانه، پوست سویا، پوست موز و ... انجام داده اند [۳].

این بررسی با هدف ارزیابی این تکنیک های جدید استخراج و چگونگی تأثیر آنها بر انتقال جرم پکتین از مواد اولیه گیاهی مختلف انجام شده است. شانس و احتمال ادغام صنعتی این روش های استخراج غیرمتعارف در جریان اصلی در حال بررسی است.

۲- پکتین

پکتین یا مواد پکتیکی، نامهای مشترک برای گروهی از پلی ساکاریدهای نزدیک به هم هستند که در دیواره سلولی همه گیاهان وجود دارند. پکتین یک پلی ساکارید ساختاری است که ۳۴ درصد دیواره سلولی را در بافتهای گیاهی تشکیل داده و جزء اصلی دیواره سلولی در اکثر گیاهان آلی می باشد و به عنوان چسب، برای نگه داشتن دیواره سلولی در کنار هم عمل میکند. پکتین بیشتر در تیغه میانی و دیواره اولیه حضور دارد و مقدار آن در دیواره ثانویه بسیار کمتر است و حتی ممکن است وجود نداشته باشد و با سایر اجزای دیواره سلولی، مانند سلولز یا همی سلولز همراه است [۴].



شکل ۱: جایگاه پکتین در دیواره سلولی [۵]

در پکتین در فرایندهای پیچیده فیزیولوژیکی مانند رشد و تمایز سلول نقش دارد و باعث استحکام و یکپارچگی بافت گیاهی می گردد. همچنین نقش مهمی در مکانیسمهای دفاعی علیه پاتوژنهای گیاهی و آسب دیدگی ایفا میکند. در طول رسیدن



میوه ها و سبزیجات، پکتین توسط آنزیمهای پکتین استراز و پکتیناز (پلی گالاکتوروناز) تجزیه شده و بر اثر شکسته شدن تیغه میانی و جدا شدن سلولها از یکدیگر، میوه نرم تر می شود [۶].

پکتین در واقع جز اصلی بخش سفید رنگ و اسفنجی داخل پوست میوه می باشد. این ماده بی بو و دارای طعمی صمغ مانند است و به صورت گرد یا ذرات ریز تا درشت در رنگهای کرم تا قهوه ای و گاهی زرد متمایل به سبز دیده می شود. این ماده به خوبی در آب گرم حل شده و مایع شفاف کلوییدی را تولید می کند و همچنین در شرایط قلیایی تجزیه می شود در حالی که محیط اسیدی برای استخراج آن شرایطی مناسبی می باشد [۷].

ویسکوزیته محلولهای پکتین در آب از یکسری عوامل مانند درجه استریفیکاسیون، غلظت الکترولیت، pH، درجه حرارت و حضور ترکیباتی مانند مواد قندی تبعیت میکند. غلظت قند و نوع قند به طور متفاوتی بر روی ویسکوزیته محلولهای پکتین تاثیر می گذارد. افزایش ویسکوزیته به وسیله پکتین ها یکی از موارد مهم استفاده از آنها در صنایع غذایی و دارویی است همچنین یکی از روشهای اندازه گیری وزنمولکولی پکتین، بر اساس اندازه گیری ویسکوزیته محلولهای آن می باشد [۸].

۳- تاریخچه پکتین

پکتین برای اولین بار در آب سیب توسط واکولین در سال ۱۷۹۰ کشف شد و خصوصیات ژلی پکتین توسط شیمیدان و داروساز فرانسوی به نام هنری براکونات در سال ۱۸۲۰ توصیف شد که براکونات اسم پکتین را از کلمه یونانی پکتیکوز به معنی سفت شدن یا جامد شدن الهام گرفته است.

اولین تولید تجاری پکتین مایع در سال ۱۹۲۸ و در آلمان بود. هنگامی که تولید کنندگان آب سیب سعی کردند تفاله خشک شده سیب، پسماند حاصل از فرآوری آب سیب را بپزند. و فرایند تولید آن به سرعت به آمریکا رسید و به عنوان الگوی توسط شرکت داگلاس مورد استفاده قرار گرفته شد. در سالهای اخیر مراکز تولید پکتین دوباره روانه اروپا و از آنجا به کشورهای مادر تولید کننده آبمیوه یعنی مکزیک و برزیل شده اند. تولید صنعتی پکتین از پوست مرکبات برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ در آمریکا انجام گرفت که به دنبال آن تحقیقات گسترده ای درباره تولید پکتین و بهینه سازی شرایط تولید آن از منابع مختلف صورت گرفت [۹].

۴- منابع پکتین

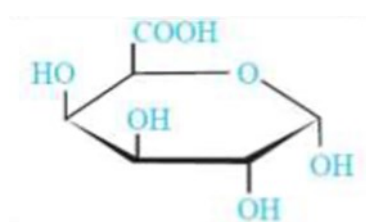
گیاهان مختلف، پکتینی با ویژگیهای متفاوت تولید میکنند. تنها تعداد کمی از منابع، برای تولید پکتین تجاری به عنوان افزودنی غذایی یا ترکیبات تشکیل دهنده مواد غذایی استفاده شده اند؛ زیرا پکتین بعضی از گیاهان شامل مقادیر بالایی از قندهای خنثی میباشد و یا با گروههای استیل یا گروههای دیگر جایگزین شده اند که در بیشتر مواقع، از تشکیل ژل جلوگیری میکنند. امروزه پکتین به طور تجاری از تفاله سیب و پوست مرکبات تولید میشود. بازده استخراج تجاری برای پوست مرکبات حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد است.

۵- ساختار پکتین

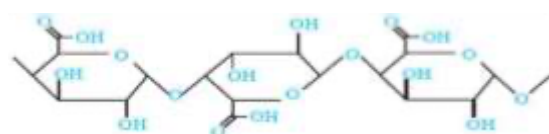
ساختار شیمیایی پکتین در دهه های مختلف بررسی شده است. توضیح ساختار پکتین برای فهمیدن نقش آن در رشد و توسعه گیاه، در طول رسیدن میوه ها، فرایند تولید به عنوان فیبر رژیمی مهم است. مانند دیگر پلی ساکاریدها، پکتین هم به صورت پلی مولکولی و هم به صورت پلی دیسپرسیون است. ترکیب آن با توجه به منبع و شرایط استخراج آن، منطقه و دیگر فاکتورهای محیطی متفاوت است. پکتین استخراج شده از دیواره سلولی اولیه، نسبت زنجیر جانبی بالاتری در اسکلت خود دارد و زنجیره جانبی آن بسیار بلندتر از پکتین لایه میانی می باشد [۱۰].

ساختار و ترکیب پکتین به شدت به درجه رسیدگی، منبع پکتین و شرایط استخراج وابسته است. ساختار پایه متشکل از حداقل ۱۷ مونوساکارید مختلف است که فراوان ترین آنها به ترتیب گالاکتورونیک اسید، ال-آرابینوز، دی-گالاکتوز و ال-رامنوز

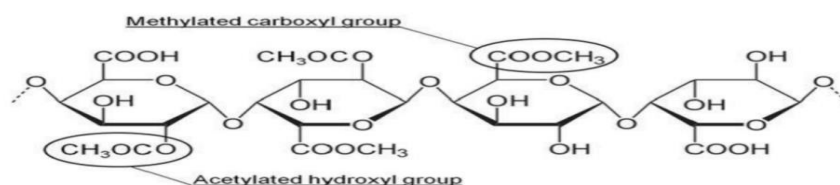
است. این مونوساکاریدها از طریق ۲۰ پیوند مختلف میتوانند به یکدیگر متصل شوند. گالاکتورونیک اسید، یک اورونیک اسید است. در پکتین، مونومرهای دی گالاکتورونیک اسید در فرم α -لفا پیرانوز از طریق گروههای هیدروکسیل در C1 و C4 زنجیرهای بلند را ایجاد می کنند. در داخل مونومرهای گالاکتورونیک اسید، گروههای کربوکسیلیک یا هیدروکسیل به ترتیب می توانند متیل استری یا O- استیل استری یا هر دو شوند. استیل شدن عمدتاً در موقعیت اکسیژن شماره سه و گاهی در اکسیژن شماره دو رخ می دهد. بعضی از این گالاکتورونیک اسیدها به وسیله کربن شماره ۶ با متیل و برخی دیگر به وسیله اکسیژن شماره ۲ یا ۳ با استیل، استری شده اند. متیل شدن کربن شماره ۶ در دنباله های گالاکتورونیک اسید، سبب ایجاد شارژ منفی در آن میشود که میتواند با کلسیم پیوند یونی بدهد و منجر به شکل گیری یک ژل پایدار با دیگر مولکولهای پکتین شود [۱۱].



شکل ۲: ساختار دی گالاکتورونیک اسید



شکل ۳- ساختار پلی گالاکتورونیک اسید

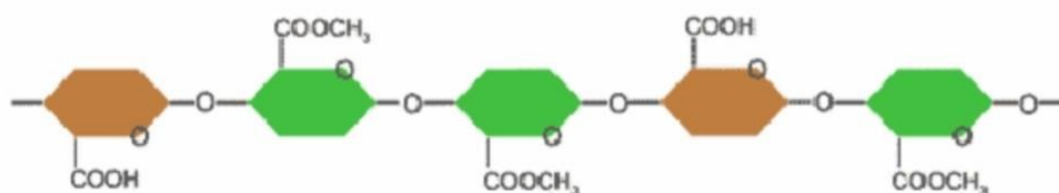


شکل ۴- ساختار کلی پکتین

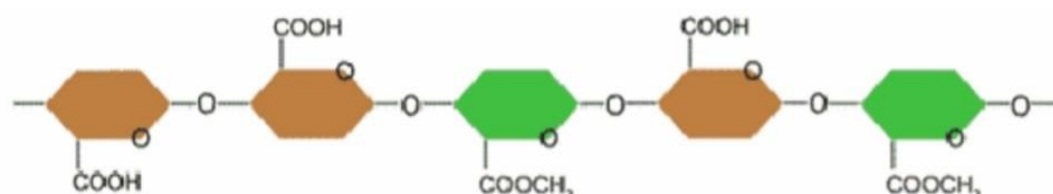
در ساختمان پکتین علاوه بر اسید گالاکتورونیک که ترکیب اصلی ساختمان آن را تشکیل می دهد، قندهای خنثی دیگری نیز می توانند حضور داشته باشند. با مطالعاتی که روی ساختمان شیمیایی پکتین انجام گرفته است، حضور رامنوز در زنجیر اصلی و قندهای خنثی دیگر مانند دی-گالاکتوز، ال- رامنوز، دی-گزیلوز، ال- فوکوز و ۲-O-متیل-دی-گزیلوز بصورت اتصالات جانبی در زنجیره شناسایی گردیده اند. قندهای خنثی که به آنها اشاره گردید، در ساختمان پکتین و در بافت گیاهی بیشتر به شکل پلی ساکاریدهای خنثی مانند α -رابان، گالاکتان و α -رابینوگالاکتان می باشند که در مرحله استخراج از ملکول پکتین جدا می گردند [۱۲].

۶- انواع پکتین

یکی از عوامل مهمی که باعث تفکیک دو نوع پکتین تجاری اصلی از یکدیگر میشود، درجه استریفیکاسیون (DE) است. درجه استریفیکاسیون یا درجه متیلاسیون (DE)، که بسته به نوع پکتین از ۵ تا ۸۰ درصد تغییر می کند، نشان دهنده مقدار متیل استر موجود به ازای هر ۱۰۰ واحد گالاکتورونیک اسید است. میزان درصد گروههای آمیدی موجود در پکتین، درجه آمیداسیون (DA) نامیده میشود که آن نیز در خواص پکتین و نحوه عملکرد آن بسیار مؤثر می باشد. درجه استریفیکاسیون مهمترین خصوصیت فیزیوشیمیایی پکتین است که بر اساس آن (بسته به درجه استری شدن) پکتین تجاری به دو گروه اصلی پکتین های پر استر و پکتین های کم استر طبقه بندی می شود [۱۳].



شکل ۵- ساختار زنجیری پکتین متوکسیل بالا



شکل ۶- ساختار زنجیری پکتین متوکسیل پایین

۷- تولید پکتین

پکتین یکی از پرکاربردترین ترکیبات در صنایع غذایی است که بخش عمده آن در کارخانجات فراوری میوه تولید می شود. منابع اصلی تولید تجاری پکتین از زمانهای قدیم تا کنون، تفاله سیب و پوست مرکبات بوده اند که در واقع ضایعات کارخانه های تولید آب میوه جات مربوطه می باشند. در گذشته جهت تولید پکتین، عصاره های حاوی پکتین از موادی مثل پوست و ضایعات سیب تهیه می گردید و چه در سطح خانگی و چه در اشل صنعتی به مربا اضافه می شد. امروز ماده خام اصلی برای تهیه پکتین، پوست میوه های جنس مرکبات می باشد که پکتین در جز اصلی قسمت سفید و اسفنجی داخل پوست میوه قرار دارد.

۸- ویژگی های فیزیوشیمیایی پکتین

۸-۱ حالت فیزیکی

پکتین به صورت پودر با ذرات ریز تا درشت و یا به صورت مایع غلیظ شربتی ارایه می شود. رنگ آن متمایل به زرد، بدون بو و دارای طعم مخصوص صمغ مانند است. پکتین در آب محلول بوده و تشکیل کلویّد شفافی می دهد؛ اما در الکل عمدتاً نامحلول است و رسوب می کند [۱۴].

۸-۲ وزن مولکولی



خصوصیات عملکردی و توانایی تشکیل ژل پکتین، به وزن مولکولی و ساختار آن وابسته است و مثل سایر پلی ساکاریدها، در وزن مولکولی آن تنوع بسیار زیادی وجود دارد. بسته به منبع گیاهی مورد استفاده، روش استخراج و عملیات پس از استخراج، پکتینی با وزن مولکولی متوسط متغیر به دست خواهد آمد. به طور کلی، پکتینی که دارای وزن مولکولی بالاتر میباشد، ژل قوی تری را تولید خواهد کرد.

۹- استریفیکاسیون

در حین استخراج پکتین، اکثر شاخه های جانبی قندی که در پکتین دست نخورده اند، حذف می گردند. بنابراین عموماً پکتین تجاری به اسکلت هوموگالاکتورونیک اطلاق میشود. بر اساس وزن، حدود بیش از ۱۴ درصد وزن پکتین تجاری را گالاکتورونیک اسید تشکیل داده و با توجه به کیفیت پکتین و منشأ آن، گروههای گالاکتورونان تا ۱۵ درصد با گروههای متیل، استریفیه شده اند. نسبت گروههای گالاکتورونیک اسید استری شده به کل گروههای گالاکتورونیک اسید تحت عنوان درجه متیل استریفیکاسیون عنوان می شود [۱۵].

۱۰- نتیجه گیری

پکتین یک ماده طبیعی بسیار مفید در صنعت قنادی است که برای کنترل کریستالیزاسیون شکر و بهبود بافت و ساختار محصولات مختلف به ویژه در مرباها، مارمالادها، ژله ها و آب نبات ها استفاده می شود. این ماده به طور مؤثر از تشکیل کریستال های شکر جلوگیری کرده و به حفظ بافت نرم و یکنواخت محصول کمک می کند. پوشش های زیست تخریب پذیر گزینه ای نوآورانه و محیط زیست دوست برای جایگزینی پوشش های پلاستیکی و شیمیایی غیرقابل تجزیه هستند. این پوشش ها علاوه بر اینکه به محیط زیست آسیب نمی زنند، در بسیاری از صنایع از جمله بسته بندی، داروسازی، کشاورزی و حتی نانو فناوری کاربرد دارند. در حالی که این پوشش ها مزایای بسیاری دارند، چالش هایی مانند هزینه بالا و محدودیت های عملکردی نیز وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

- [1] Basanta, M.F., Ponce, N.M., Rojas, A.M. and Stortz, C.A. Effect of extraction time and temperature on the characteristics of loosely bound pectins from Japanese plum. *Carbohydrate Polymers*. 89(1): (2012 , 230-235.
- [2] Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y., and Yao, J. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*. 101: 2010 ,3268-3273.
- [3] Chan, S., and Choo, W. (2013). Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*. 141(4): 2013, 3752– 3758.
- [4] Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. and Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate Polymers*. 97(2): ,703–709.
- [5] Willats, W.G.T., Knox, J.P., and Mikkelsen, J.D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*. 17:2006, 97- 104.
- [6] Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y., and Yao, J. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*. 101: 2010, 3268-3273.
- [7] Rosenbohm, C., Lundt, I., Christensen, T. M. I. E., and Young, N. W. G. Chemically methylated and reduced pectins: preparation, characterisation by ¹H NMR spectroscopy, enzymatic degradation, and gelling properties. *Carbohydrate Research*. 338: 2003 , 637-649.
- [8] Chan, S., and Choo, W. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*. 141(4): 2013 , 3752– 3758
- [9] Maran, J.P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., and Sridhar, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*. 101: 2014,786-791.



Darya Shilan Dez Co.
Specialized in the production and distribution of aquatic products

همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



ISC
International Scientific Conference



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

- [10] Vriesmann, L.C., Teófilo, R.F. and de Oliveira Petkowicz, C.L. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT-Food Science and Technology*. 49(1): 2012, 108-116.
- [11] Mellerowicz, E.J., Sundberg, B., Wood cell walls: biosynthesis, developmental dynamics and their implications for wood properties, *Current Opinion in Plant Biology*, Vol. 11: 2008, 293-300.
- [12] Hemati, A., Nazari, M., Asgari Lajayer, B. *et al.* Lignocellulosics in plant cell wall and their potential biological degradation. *Folia Microbiol* **67**, 671–681 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s12223-022-00974-5>
- [13] Ferrari, S., Savatin, D., Sicilia, F., Gramegna, G., Cervone, F., Lorenzo, G., 2013, Oligogalacturonides: plant damage-associated molecular patterns and regulators of growth and development, *Frontiers in plant science*, Vol. 4: 49.
- [14] Srimornsak, P. (2002). Analysis of selected physicochemical properties of pectin and alginate gels intended for drug delivery, PhD Thesis, Charles Slurt University.
- [15] Graham, O.H. (1971). *Food Colloids*. Academic press. pp. 418-430.