

بهینه سازی استخراج پکتین از کدو تنبل با استفاده از امواج ماکروویو

رحیم اسم خانی^۱ و علیرضا ملا ابراهیم لو^۲

چکیده

پکتین یک جزء ساختاری مهم از دیواره سلولی گیاهان است و به طور گسترده ای به عنوان عامل ژل کننده و پایدار کننده در صنایع غذایی استفاده می شود. پکتین یک پلی ساکارید بسیار پر کاربرد در صنایع غذایی و دارویی می باشد که این به دلیل ویژگی های تکنولوژیکی و درمانی منحصر به فرد این ماده است. در تحقیق حاضر، استخراج پکتین از پودر تفاله های خشک شده کدو تنبل^۳ حاصل از مزارع شهرستان خوی با محلول اسید کلریدریک تحت شرایط مختلف pH بین ۰/۵ تا ۲، دمای ۸۷ درجه سلسیوس و در چهار سطح زمانی ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه و با ایجاد حرارت با استفاده از امواج ماکروویو و حرارت با شعله و رسوب گیری بوسیله اتانول ۹۶ درصد بررسی شده است. حداکثر بازده (۹/۸۶ درصد) پکتین در استخراج با محلول اسید کلریدریک با pH برابر ۱/۵، دمای ۸۷ درجه سلسیوس، استفاده از ماکروفر برای ایجاد امواج ماکروویو و مدت زمان ۳۰ دقیقه بدست آمد. استفاده از محلول اسید کلریدریک برای استخراج پکتین از کدو تنبل مناسب تر از اسید سولفوریک و اسید نیتریک می باشد. در دمای مشخص ۸۷ درجه سلسیوس با طولانی کردن زمان استخراج، بازده افزایش می یابد. درصد متوکسی یا درجه استری شدن کدو تنبل ۴۹/۷ و درصد اسید گالاکتورونیک آن ۵۸/۲۴ بوده و می تواند در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پکتین - استخراج - کدو تنبل

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۰۲

۱- عضو هیات علمی گروه شیمی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران. (نویسنده مسئول) resmkhani_84@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی گروه شیمی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

مقدمه و بررسی منابع علمی

پکتین یک ترکیب مهم از دیواره سلولی همه گیاهان زمین می باشد و در رژیم غذایی معمولی هر روز حدود ۵-۴ گرم مصرف می شود. پکتین یک پلی ساکارید پیچیده با وزن مولکولی بالاست که عمدتاً از پلی گالاتکتورونیک اسید با متیل استرهای موضعی و نمک های سدیم، آمونیوم و پتاسیم آن تشکیل شده است. (khonsari,2015) خصوصیات ژلی پکتین ابتدا توسط هنری براکونات در سال ۱۸۵۲ توصیف شد. براکونات اسم پکتین را از کلمه یونانی pektikos به معنی سفت شدن یا جامد شدن الهام گرفته است. پکتین به طور سنتی به عنوان عامل ژله کننده برای مربا و ژله استفاده می شود. مصرف سالانه پکتین در سرتاسر دنیا حدود ۴۵ هزار تن تخمین زده می شود، درحالی که تولید آن ۲۵-۲۰ هزار تن در سال می باشد. با توجه به نیاز روزافزون به پکتین با ویژگی های عملکردی متفاوت جهت استفاده در مواد غذایی مختلف و مفید بودن این ترکیب برای سلامتی انسان، تحقیقات در جهت یافتن مواد اولیه حاوی پکتین و تولید پکتین با خصوصیات تکنولوژیکی مطلوب همچنان ادامه دارد. (khonsari,2015)

پوست مرکبات و تفاله سیب، مواد اولیه اصلی برای تولید پکتین هستند. با این وجود تحقیقات زیادی در جهت یافتن مواد اولیه حاوی

پکتین و هم چنین بهبود تکنیک های استخراج پکتین از مواد اولیه انجام شده است. در این راستا محققان زیادی پکتین را از منابع گیاهی مختلف مثل تفاله چغندر قند، دانه های انگور، ریشه کاسنی، طبق آفتابگردان، پوست کاکائو، پوست سویا، تفاله هلو، پوست انبه و به، پوست پیاز و سیر، پالپ و پوست سیب زمینی، کیوی و... جداسازی و ویژگی های آن را بررسی کرده اند. (khonsari,2015)

فتحی و همکاران (Fathi et al., 2012) پکتین را از ضایعات کدوی آجیلی به روش استخراج اسیدی بدست آوردند. ابراهیم زاده و آزاد بخت (Azadbakht, Ebrahimzadeh, 2002) در مورد استخراج اسیدی پکتین از پوست برخی مرکبات تحقیق نموده اند.

پکتین یکی از پرکاربردترین ترکیبات در صنایع غذایی است. بخش عمده پکتین تولید شده به وسیله صنایع فرآوری میوه مصرف می شود. از دیگر کاربردهای متداول آن، محصولات لبنی و قنادی، محصولات میوه ای فرآوری شده، پرکننده های نانوائی و لعاب ها هستند. کاربرد احتمالی دیگر پکتین جایگزین آن به جای چربی است، اما جدیدترین کاربرد آن در پایدارسازی امولسیون ها است. (khonsari, 2015)

کدو با نام علمی *Langenaria Vulgaris* گیاهی یکساله و خزننده بوده که برگهای آن

پوست و گوشت میوه در مزرعه رها شده و موجب آلودگی محیط زیست می گردد. میزان این ضایعات بسیار زیاد بوده و می توان از آن به عنوان یکی از منابع پکتین استفاده نمود. ۲۰ کیلوگرم کدو تنبل از مزارع مختلف شهرستان خوی خریداری شد. تخم های داخل کدو تنبل را جدا کرده و گوشت آن را خرد کرده و به مدت ۴ روز در جلو آفتاب گذاشته تا در هوا خشک شود. کدوی خشک شده را آسیاب کرده و پودر یکنواختی تهیه شد. پودر بدست آمده را در ظرف در بسته ای که دور از رطوبت باشد جهت استفاده در انجام آزمونهای استخراج نگهداری شد.

روش استخراج پکتین از کدو تنبل با استفاده از امواج ماکروویو

طبق روش فرآوش و آشتیانی (Faravash, Ashtiaiani, 2008) ابتدا ۳۰ گرم پودر کدوی خشک شده در یک بشر ۵۰۰ سی سی با ۵۰ برابر وزنی آب مقطر مخلوط شده، بعد از هم زدن در داخل ماکروفر با برنامه شماره ۱۰ و زمان در چهار سطح ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه گذاشته شد. بعد از خروج از ماکروفر با کاغذ صافی واتمن شماره یک، قسمت محلول جدا و دور ریخته شد، و تفاله باقی مانده روی صافی دوباره با ۵۰ برابر وزنی آب مقطر مخلوط

بشکل قلب و پهن و پوشیده از کرک ریز می باشد. گل های زرد رنگ دارد و گل نر و گل ماده آن روی یک پایه قرار دارد. ریشه آن باریک و بلند می باشد. سه نوع مختلف آن کدو مسمایی با نام علمی *Curcubita Pepo* و کدو حلوایی با نام علمی *Curcubita moschata* و کدو تنبل با نام علمی *Curcubita maxima* می باشد.

طرح پژوهشی حاضر در رابطه با استخراج پکتین از تفاله کدو تنبل که یکی از محصولات عمده کشاورزی در شهرستان خوی می باشد و بدست آوردن شرایط بهینه برای راندمان بالای استخراج و بررسی ویژگی های پکتین بدست آمده می باشد.

مواد و روش ها

کلیه مواد شیمیایی شامل اسید کلریدریک، هیدروکسید سدیم، اسید نیتریک، اسید سولفوریک و نترات نقره از کارخانه مرک تهیه شدند. الکل اتانول ۹۶٪ از داروخانه های سطح شهر تهیه گردیدند. در تهیه محلول ها از آب عاری از دی اکسید کربن استفاده شده است.

آماده سازی کدو تنبل برای شروع عملیات استخراج

کدو تنبل محصولی است که برای استفاده از دانه های آن کشت می شود. بعد از خارج کردن دانه ها در زمان برداشت، مابقی کدو تنبل شامل

آمده جهت آزمونهای کنترل کیفیت در ظرف درب بسته نگهداری گردید.

روش استخراج پکتین از کدو تنبل با استفاده از حرارت با شعله

طبق روش استخراج پکتین از کدو تنبل با استفاده از امواج ماکروویو در این روش هم ۳۰ گرم پودر خشک شده تفاله کدو تنبل را در یک بشر ۵۰۰ سی سی با ۵۰ برابر وزنی آب مقطر اسیدی شده توسط اسید کلریدریک ۳۷ درصد با pH های مشخص (۱/۲۴، ۱/۵، ۱) مخلوط کرده و بعد از بهم زدن روی شعله تا دماهای ۸۷ و ۹۵ درجه سلسیوس به مدت مشخص (۱۵، ۳۰، ۱۰، ۶۰ و ۷۵ دقیقه)، حرارت می دهیم. در طول حرارت دادن نمونه با میله شیشه ای هم زده می شود. پس از طی زمان لازم جهت استخراج شعله را خاموش کرده و توسط کاغذ صافی واتمن شماره یک، تفاله ها جداسازی و دور ریخته شد. محلول صاف شده که محتوی پکتین بود با محلول سدیم هیدروکسید (غلظت وزنی ۱ به ۵) به $\text{pH}=3$ رسانده شد. بعد به محلول حاصل، اتانول ۹۶ درصد به نسبت حجمی ۱ به ۱ افزوده شد. محلول به دست آمده به مدت یک شبانه روز در یخچال در دمای حدود ۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. بعد محلول فوق به مدت نیم ساعت با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه در دمای

و با هیدروکلریک اسید ۳۷ درصد ، pH آن در چهار سطح ۰/۵، ۱/۲۴، ۱/۵ و ۲ تنظیم گردید. سپس بعد از هم زدن مجددا در ماکروفر در همان برنامه شماره ۱۰ به مدت ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه گذاشته شد. در مرحله بعد با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک، تفاله ها جداسازی و دور ریخته شد. محلول صاف شده که محتوی پکتین بود با محلول سدیم هیدروکسید (غلظت وزنی ۱ به ۵) به $\text{pH}=3$ رسانده شد. بعد به محلول حاصل، اتانول ۹۶ درصد به نسبت حجمی ۱ به ۱ افزوده شد. محلول به دست آمده به مدت یک شبانه روز در یخچال در دمای حدود ۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. و بعد محلول فوق به مدت نیم ساعت با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه در دمای آزمایشگاه سانتریفوژ شد. بعد از سانتریفوژ کردن، پکتین موجود در محلول ته نشین شد، و از فاز مایع که در بالا قرار گرفته بود، جدا گردید. در مرحله بعد، پکتین ته نشین شده دوباره با حجم مساوی از الکل اتانول ۹۶ درصد مخلوط شد تا به صورت بهتری شستشوشود و به مدت ده دقیقه سانتریفوژ شد. سپس فاز مایع جداسازی و پکتین استخراج شده در خشک کن با جریان هوای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت هفت ساعت خشک گردید. سپس برای محاسبه بازده استخراج، دقیقا توزین شده ، در آسیاب به پودر تبدیل و پودر بدست

مقدار بازده پکتین با تقسیم مقدار پکتین خشک استخراج شده بر مقدار ماده خشک اولیه بدست می آید.

اندازه گیری ویژگیهای پکتین استخراج شده در شرایط بهینه pH، زمان و دمای استخراج با استفاده از امواج ماکروویو

الف- تعیین میزان گروه متوکسیل پکتین استخراج شده

۵ گرم از پکتین به یک بشر به حجم ۲۵۰ سی سی منتقل شد و با مخلوطی از ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد و ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد برای ۱۰ دقیقه به هم زده شد. سپس به یک قیف بوختر متصل به پمپ خلاء منتقل گردید و ۶ بار با ۱۵ میلی لیتر مخلوط اتانول ۹۶ درصد و اسید کلریدریک ۳۷ درصد شسته شد. سپس تا جایی که محلول زیر صافی دیگر یون کلرید نداشته باشد، با الکل ۹۶ درصد شسته شد. برای تعیین نقطه پایان از محلول نیترات نقره استفاده شد که در حضور یون کلرید واکنش داده و رسوب کلرید نقره ظاهر می شود. نهایتاً با ۲۰ میلی لیتر الکل اتانول ۹۶ درصد شسته شد و بمدت یک ساعت در ۱۵۰ درجه سلسیوس خشک گردید و بعد از سرد شدن توزین گردید. دقیقاً ۰/۱ وزن کل رسوب را برداشته و به یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری منتقل نموده و با الکل اتانول خیس گردید. ۱۰۰ میلی

آزمایشگاه سانتریفوژ شد. بعد از سانتریفوژ کردن، پکتین موجود در محلول ته نشین شد، و از فاز مایع که در بالا قرار گرفته بود، جدا گردید. در مرحله بعد، پکتین ته نشین شده دوباره با حجم مساوی از الکل اتانول ۹۶ درصد مخلوط شد تا به صورت بهتری شستشو شود و به مدت ده دقیقه سانتریفوژ شد. سپس فاز مایع جداسازی و پکتین استخراج شده در خشک کن با جریان هوای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت هفت ساعت خشک گردید. سپس برای محاسبه بازده استخراج، دقیقاً توزین شده، در آسیاب به پودر تبدیل و پودر بدست آمده جهت آزمونهای کنترل کیفیت در ظرف درب بسته نگهداری گردید.

(Faravash, Ashtiaiani, 2008)

تعیین مناسب ترین نوع اسید معدنی جهت استخراج پکتین با استفاده از امواج ماکروویو

به منظور تعیین مناسب ترین نوع اسید معدنی، بازده استخراج پکتین از پودر تفاله خشک شده کدو تنبل با استفاده از اسید های سولفوریک ۹۸ درصد، اسید نیتریک ۶۵ درصد و اسید هیدرو کلریدریک ۳۷ درصد در شرایط یکسان pH، دما و زمان (شرایط بهینه) محاسبه و نتایج با هم مقایسه شدند. ویژگی های دیگر همچون کیفیت رنگ پکتین استخراج شده توسط اسید های فوق نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

اندازه گیری بازده استخراج پکتین

آزمایشات الف و ب هر کدام ۳ بار تکرار شده و میانگین نتایج فوق گزارش گردید.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش های انجام شده جهت تعیین شرایط بهینه استخراج پکتین با استفاده از امواج ماکروویو

نتایج آزمایش های بررسی اثر pH و زمان بر بازده استخراج پکتین توسط روش استفاده از امواج ماکروویو با برنامه $p = 10$ که دمای اندازه گیری شده در این برنامه از ماکروویو برابر ۸۷ درجه سلسیوس بود که این دما با اندازه گیری میانگین دماهای محلول ها توسط دماسنج بعد از پایان زمان استخراج بدست آمده است ، در جدول ۱ ارائه گردیده اند.

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که افزایش دما و زمان استخراج باعث افزایش بازده استخراج می شوند . pH های اسیدی و پایین برای استخراج پکتین مناسب می باشد، ولی در برخی شرایط کاهش دما موجب کاهش بازده استخراج می شود. بنابراین ، بیشترین بازده استخراج در روش استفاده از امواج ماکروویو، ۹/۸۶ درصد، در شرایط دمای ۸۷ درجه سلسیوس، pH برابر ۱/۵ و زمان استخراج ۳۰ دقیقه بدست آمد . استخراج پکتین در شرایط pH برابر ۰/۵ ، دمای

لیتر آب عاری از گاز دی اکسید کربن به آن اضافه شد و آنقدر تکان داده شد تا پکتین کاملاً حل گردید. ۵ قطره فنل فتالین به آن اضافه شده و با سدیم هیدروکسید ۰/۵ نرمال تیترا گردید و نتیجه تحت عنوان تیترا اولیه یادداشت شد . سپس ۲۰ میلی لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۵ نرمال به محلول بدست آمده اضافه شد و پس از تکان دادن به مدت ۲۰ دقیقه به حال خود گذاشته شد. ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال به آن اضافه شد و تا ناپدید شدن رنگ صورتی تکان داده شد. به محلول فوق چند قطره فنل فتالین اضافه گردید و با هیدروکسید ۰/۵ نرمال تیترا گردید تا رنگ صورتی ظاهر شود، به طوریکه پس از تکان دادن محلول رنگ آن ثابت بماند. این تیترا تحت عنوان تیترا صابونی شدن یادداشت شد. هر میلی لیتر هیدروکسید ۰,۵ نرمال در تیترا صابونی شدن معادل ۱۵/۵۲ میلی گرم از گروه متوکسیل $-OCH_3$ می باشد. (Ebrahimzadeh , Azadbakht ,2002)

ب- تعیین میزان گالاکتورونیک اسید پکتین استخراج شده

هر میلی لیتر از هیدروکسید ۰/۵ نرمال که در تیترا کل (تیترا صابونی شدن + تیترا اولیه) استفاده می شود برابر ۹۷/۰۷ میلی گرم از گالاکتورونیک اسید $C_6H_{10}O_7$ می باشد. (Ebrahimzadeh , Azadbakht,2002)

بیشترین بازده استخراج در روش استفاده از شعله ۹/۸۷ درصد، در شرایط دمای ۹۵ درجه سلسیوس، pH برابر ۱/۵ و زمان استخراج ۷۵ دقیقه بدست آمد. بنابراین در این روش برای رسیدن به بازده شرایط بهینه روش استفاده از امواج ماکروویو دمای بالاتر و زمان بیشتر مورد نیاز می باشد. پس استفاده از امواج ماکروویو مناسب می باشد.

فتحی و همکاران (Fathi et al., 2012) بازده پکتین استخراج شده از کدو آجیلی با روش حرارت با شعله را از ۵/۳ درصد (در pH=۲، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و زمان یک ساعت) تا ۱۲/۸ درصد (در pH=۱، دمای ۹۰ درجه سلسیوس و زمان دو ساعت) گزارش داده اند.

نتایج آزمایش های انجام شده جهت تعیین نوع

اسید معدنی مورد استفاده در استخراج پکتین به منظور تعیین مناسب ترین نوع اسید معدنی، بازده استخراج پکتین از پودرتفاله خشک شده کدوتنبل در شرایط بهینه استخراج (۱/۵ = pH، دمای ۸۷ درجه سلسیوس و مدت زمان استخراج ۳۰ دقیقه) در روش استفاده از امواج ماکروویو از اسیدهای هیدرو کلریک، اسید نیتریک و اسید سولفوریک را بدست آوردیم. نتایج میانگین سه مرتبه تکرار آزمایشات در جدول ۳ آورده شده است. رنگ پکتین های

۸۷ درجه سلسیوس و زمان ۴۵ دقیقه نیز مورد آزمایش قرار گرفت ولی در این شرایط میزان پکتین بدست آمده بسیار جزئی و بازده ۰/۷ درصد بدست آمد.

با توجه به مقایسه نتایج عنوان شده در مقاله زارعی (Zarei, 2008) درصد پکتین استخراج شده از منابع مهم همچون تفاله سیب، پوست لیمو، طبق آفتابگردان و پالپ چغندر طبق جدول ۶، و بازده ۹/۸۶ درصد برای استخراج پکتین از کدو تنبل مزارع شهرستان خوی، در شرایط بهینه، میزان پکتین در کدو تنبل نسبت به این منابع پایین می باشد. اما با توجه به بالا بودن تفاله کدو تنبل در استان آذربایجان غربی و شهرستان خوی استخراج پکتین از این منبع مقرون به صرفه می باشد.

نتایج آزمایش های انجام شده جهت تعیین

شرایط بهینه استخراج پکتین با استفاده از حرارت شعله

جهت مقایسه بازده استخراج پکتین روشهای استفاده از امواج ماکروویو و حرارت شعله، در شرایط pH های جدول ۱، دماها و زمان های استخراج متفاوت، به جای ماکروویو از حرارت شعله برای افزایش دما در استخراج پکتین استفاده کردیم. نتایج آزمایش ها در جدول ۲ آورده شده است. از بررسی نتایج فوق

استخراج پکتین از کدو تنبل مناسب تشخیص داده شد.

نتایج آزمایش های انجام شده جهت بررسی ویژگی های پکتین استخراج شده

الف - بررسی درجه استریفیکاسیون (درصد گروه متوکسیل)

درجه استریفیکاسیون (درصد متوکسیل) یکی از ویژگی های مهم کیفی پکتین از نظر موارد استفاده در صنایع غذایی و شرایط تولید ژل توسط پکتین می باشد. درجه استریفیکاسیون (درصد گروه های متوکسیل) پکتین استخراج شده در شرایط بهینه در جدول ۴ نشان داده شده است.

با توجه به مقایسه نتایج گزارش شده در مقاله زارعی (Zarei, 2008) میزان متوکسیل یا درجه استری شدن در پکتین استخراج شده از منابع مهم همچون تفاله سیب، پوست لیمو، طبق آفتابگردان و پالپ چغندر طبق جدول ۶، و درصد متوکسیل یا درجه استری شدن کدو تنبل که ۴۹/۷ درصد می باشد، درصد متوکسی یا درجه استری شدن کدو تنبل نسبت به تفاله سیب، پوست لیمو و پالپ چغندر پایین بوده ولی نسبت به طبق آفتابگردان بالایی باشد.

بدست آمده با استفاده از اسیدهای هیدرو کلریک، اسید نیتریک و اسید سولفوریک در جدول ۳ بیان شده است. بازده استخراج توسط هر سه اسید تقریباً به یک اندازه می باشد. رنگ پکتین استخراج شده توسط اسیدهای هیدرو کلریک و اسید سولفوریک قهوه ای روشن بوده و رنگ پکتین استخراج شده با استفاده از اسید نیتریک قهوه ای تیره می باشد. که از نظر ظاهری پکتین بدست آمده از اسید هیدرو کلریک و اسید سولفوریک خوش رنگ می باشد. از نظر اقتصادی، قیمت این سه اسید به صورت تجاری تقریباً یکسان می باشد. ولی از نظر بهداشتی مصرف اسید نیتریک باعث ایجاد یون نترات می کند که در پکتین استخراج شده باقی مانده و در سیستم گوارشی انسان ممکن است به نیتريت تبدیل شده و تولید نیتروز آمین و نیتروز آمید کند، که از ترکیبات جهش زا می باشند، لذا استفاده از این اسید در استخراج پکتین مناسب نمی باشد. اسید سولفوریک هم تولید یون های گوگرد کرده، که باعث ایجاد آلرژی و عوارض آسمی می کند، لذا اسید سولفوریک هم جهت استخراج پکتین مناسب نمی باشد. اسید هیدرو کلریک هم، ایجاد یون کلر کرده که در اثر حرارت این یون تبخیر شده و از پکتین استخراج شده خارج می گردد، لذا استفاده از محلول اسید کلریدریک برای

نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

حداکثر بازده (۹/۸۶ درصد) پکتین در استخراج با محلول اسید کلریدریک با pH برابر ۱/۵، دمای ۸۷ درجه سلسیوس، استفاده از ماکروفر برای ایجاد امواج ماکروویو با برنامه P=10 و مدت زمان ۳۰ دقیقه بدست آمد.

استفاده از محلول اسید کلریدریک برای استخراج پکتین از کدو تنبل مناسب تر از اسید سولفوریک و اسید نیتریک می باشد. پکتین حاصل از تفاله کدو تنبل از نوع Low methoxyl می باشد. این نوع پکتین واکنش زایی بیشتری در مقابل یونهای کلسیم داشته بنابراین در حضور مواد محلول ژل تشکیل می دهد. شرایط برای تشکیل ژل بستگی به تعادل بین فاکتورهای متعدد دارد که شامل میزان مواد جامد محلول، pH، کلسیم و غلظت پکتین دارد.

درصد اسید گالاتورونیک پکتین استخراج شده از کدو تنبل نسبت به مرکبات پایین بوده و از درجه خلوص متوسطی برخوردار می باشد و می تواند در صنعت داروسازی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به کاربردهای زیاد پکتین در صنایع غذایی، دارویی و وجود منابع زیادی همچون تفاله کدو تنبل، تفاله و ضایعات میوه‌های همچون سیب در آذربایجان و تفاله چغندر قند تولید شده در کارخانجات آذربایجان غربی پیشنهاد می گردد که کارخانجات صنعتی تولید پکتین در این استان و در شهرستان خوی راه اندازی شود تا هم یک محصول پرکاربرد تولید شده و هم از انباشته شدن و هدر رفتن ضایعات مخصوصا تفاله و پوست کدو تنبل در کنار مزارع کشت این محصول جلوگیری شود.

لذا پکتین حاصل از تفاله کدو تنبل از نوع^۱ low methoxyl می باشد. پکتین حاصل از تفاله سیب، پوست لیمو و پالپ چغندر از نوع پکتین های^۲ High methoxyl می باشد.

ب - بررسی درصد اسید گالاتورونیک

درصد اسید گالاتورونیک یکی از ویژگی های مهم کیفی پکتین از نظر میزان خلوص پکتین می باشد. درصد اسید گالاتورونیک پکتین استخراج شده در شرایط بهینه در جدول ۵ نشان داده شده است. در گزارشی از مقاله ای از کشور ترکیه که بر روی پرتقال واشنگتن انجام شده، میزان اسید گالاتورونیک پکتین استخراج شده ۷۴/۳۰ درصد گزارش شده است. مصباحی و جمالیان (Mesbahi and Jamalian, 2002) میزان اسید گالاتورونیک پکتین استخراج شده از تفاله چغندر قند و پکتین تجاری مرکبات را به ترتیب ۶۶/۱۸ و ۷۸/۴۱ درصد گزارش داده اند. لذا درصد اسید گالاتورونیک پکتین استخراج شده از کدو تنبل (۵۸/۲۴ درصد) نسبت به مرکبات پایین بوده و از درجه خلوص متوسطی برخوردار می باشد و می تواند در صنعت داروسازی مورد استفاده قرار گیرد.

^۱ - پکتین با درصد متوکسیل یا درجه استری شدن کمتر از ۵۰ می باشد.

^۲ - پکتین با درصد متوکسیل یا درجه استری شدن بیشتر از ۵۰ می باشد.

جدول ۱- بررسی اثر pH ، دما و زمان بر بازده استخراج پکتین (روش حرارت با امواج ماکروویو)

Table 1- Effect of pH, temperature and time on the extraction yield of extracted pectin (By microwave heating method)

پارامتر قابل اندازه گیری		شرایط استخراج		
Parameter measurements		Extraction conditions		
درصد بازده (%)	نوع اسید مصرفی	زمان (دقیقه)	برنامه ماکروویو	pH
Percent efficiency	Acid consumption	Time (Minutes)	Microwave applications Temperature 87(°C)	
0.7	HCl	45	P=10	
0.5				
4.66	HCl	10	P=10	1.24
6.59	HCl	15	P=10	1.24
8.17	HCl	30	P=10	1.24
5.65	HCl	10	P=10	1.5
7.27	HCl	15	P=10	1.5
9.86	HCl	30	P=10	1.5
4.34	HCl	10	P=10	2
5.27	HCl	15	P=10	2
6.24	HCl	30	P=10	
2				

جدول ۲- بررسی اثر pH ، دما و زمان بر بازده استخراج پکتین (روش حرارت با شعله)

Table 2- Effect of pH, temperature and time on the extraction yield of extracted pectin (By Flame heating method)

پارامتر قابل اندازه گیری		شرایط استخراج		
Parameter measurements		Extraction conditions		
درصد بازده (%)	نوع اسید مصرفی	زمان (دقیقه)	دما (°C)	pH
Percent efficiency	Acid consumption	Time (Minutes)	Temperature (°C)	
2.12	HCl	10	87	1.24
3.18	HCl	15	87	1.24
4.56	HCl	30	87	1.24
3.86	HCl	10	87	
1.5				
5.44	HCl	15	87	
1.5				
6.08	HCl	30	87	1.5
9.35	HCl	60	95	1.5
9.87	HCl	75	95	1.5
2.05	HCl	10	87	2
۲,۸۶	HCl	15	87	2
۴,۵۸	HCl	۳۰	۸۷	۲

جدول ۳- رنگ بودر پکتین و بازده استخراج پکتین با اسید های مختلف در شرایط بهینه دما، pH، زمان

(روش استفاده از امواج ماکروویو)

Table 3-Return pectin powder extracted pectin with different acids in optimal conditions of temperature , pH , time (By microwave heating method)

رنگ Color	درصد پکتین استخراج شده Percent pectin extracted	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	دما ($^{\circ}\text{C}$) Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	pH	نوع اسید مصرفی Acid consumption
قهوه ای روشن Light Brown	9.86	30	87	1.5	اسید هیدرو کلریک Hydrochloric acid
قهوه ای تیره Dark Brown	9.92	30	87	1.5	اسید نیتریک Nitric acid
قهوه ای روشن Light Brown	9.94	30	87	1.5	اسید سولفوریک Sulfuric acid

جدول ۴- درجه استریفیکاسیون (درصد متوکسی) پکتین استخراج شده در شرایط بهینه از تفاله کدو تنبل (با استفاده از امواج ماکروویو)

Table 4-The degree of esterification (percent methoxy) pectin extracted optimum conditions of Buttercup Squash pulp (By microwave heating method)

پارامتر قابل اندازه گیری Parameter measurements		شرایط استخراج Extraction conditions		
درصد متوکسی (%) percent methoxy	نوع اسید مصرفی Acid consumption	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	برنامه ماکروویو (p=10) Temperature=87($^{\circ}\text{C}$)	pH
49.7	HCl	30	p=10	1.5

جدول ۵- درصد اسید گالاکتورونیک پکتین استخراج شده در شرایط بهینه از تفاله کدو تنبل (با استفاده از امواج ماکروویو)

Table 4-The percent of galacturonic acid pectin extracted optimum conditions of Buttercup Squash pulp (By microwave heating method)

پارامترهای قابل اندازه گیری Parameter measurements		شرایط استخراج Extraction conditions		
درصد اسید گالاکتورونیک (%) percent Of galacturonic acid	نوع اسید مصرفی Acid consumption	زمان (دقیقه) Time (Minutes)	برنامه ماکروویو Temperature=87($^{\circ}\text{C}$)	pH
58.24	HCl	30	p=10	1.5

جدول ۶- درصد پکتین و درصد متوکسی (درجه استریفیکاسیون) پکتین استخراج شده از منابع مهم استخراج پکتین (زارعی، ۱۳۸۷)
 Table 6-The percent of pectin and the degree of esterification (percent methoxy) of pectin extracted from important sources (Zarei, 2008)

منبع Source	درصد پکتین percent pectin	درصد متوکسی (%) Percent methoxy
تفاله سیب Pug	۱۵-۲۵	۷۵-۸۰
پوست لیمو Lemon peel	۲۰-۳۰	۷۵-۸۰
طبق آفتابگردان The Sunflower	۱۰-۲۵	۳۰-۴۰
پالپ چغندر Beet pulp	۱۵-۲۵	۶۰

References

منابع مورد استفاده

- ✓ Ebrahimzadeh, M.A., M. Azadbakht. 2002. Pectin extracted and compared the efficiency , degree of esterification and the percentage of galacturonic acid on the skin of some citrus. Journal of Mazandaran university of Medical Sciences .16(54):52-59. (In Persian).
- ✓ Fathi ,B. ,Y. Maghsoudlou , M. Ghorbani , M. Khomeiri. 2012. Effect of pH, temperature and time of acidic extraction on the yield and characterization of pectin obtained from pumpkin waste. Journal of Food Research (AGRICULTURAL SSIENCE). 22(4). P:465-475.
- ✓ Faravash, R.S., Ashtiani F.Z., 2008. The influence of acid volume , ethanol to e xtract ratio and acid washing time on the yield of pectic substances extraction from peach pomace . Food Hydrocolloids, 22:196-202.
- ✓ Kaufman, B., Christen, P., Veuthey, J. L. (2001). Parameters affecting microwave-assisted extraction of withanolides. PHYtochemical Analysis, 2001a. 12. p: 327-331.
- ✓ Khonsari , N .(2015) . Pectin and its application in the food industry. <http://www.qums.ac.ir/portal/file/showFile.aspx?ID> . (In Persian) .
- ✓ Mesbahi , G.R. , J. Jamalian . 2002. Extraction of Pectin from Sugar- beet Pulp and Investigation of Its Ues in Food Products . Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources , Water and soil science. 6(2): 125-137. (In Persian).
- ✓ Zarei, M. 2008. Effect of extraction temperature on qualitative characteristics extracted pectin from orange peel. 18th National Congress on Food Technology . Mashad .Iran. (In Persian).