

(مقاله پژوهشی)

تأثیر زمان مایکروویو و نوع اسید بر بازده و ویژگی های کیفی پکتین متوکسیل پایین استخراج شده از میوه "به"

ندا ابراهیمی^۱، نارملا آصفی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

چکیده

پکتین مخلوط پیچیده‌ای از پلی ساکاریدها است که به فراوانی در صنعت غذا به عنوان ژل کننده، ثبات دهنده و امولسیفایر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه، پکتین با استفاده از دو نوع اسید (کلریدریک و سیتریک) در pH برابر با ۲ و تحت امواج مایکروویو با توان ۵۰۰ وات، در زمان های ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه استخراج شد. نتایج نشان داد که پکتین میوه "به" دارای بازده (۷/۵۵ درصد) و درجه خلوص (با محتوی اسید گالاکتورونیک بالاتر از ۶۵ درصد) مطلوبی است. زمان مایکروویو دهی بیشترین تأثیر را بر افزایش بازده استخراج، درجه استریفیکاسیون و فعالیت امولسیفایری و همچنین کمترین تأثیر را در افزایش درصد اسید گالاکتورونیک داشته است. بررسی درجه استریفیکاسیون مشخص کرد که پکتین حاصل از میوه "به" در شرایط ۱۸۰ ثانیه تیمار با مایکروویو و استخراج شده با اسید کلریدریک کمتر از ۵۰ بوده و پکتین های استخراج شده در این شرایط جزو پکتین های متوکسیل پایین (LM) است. درصد اسید گالاکتورونیک محلول پکتین استخراج شده با اسید کلریدریک بالاتر از ۶۵ درصد و فعالیت امولسیفایری آن در زمان ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی بالا بود (۴۸/۳۸ درصد). همچنین رفتار جریان محلول پکتین استخراج شده با هر دو اسید در زمان های مورد مطالعه نیوتنی بود. درجه خلوص مطلوب و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین حاصل از میوه "به" نشان می‌دهد که می‌توان از این محصول کشاورزی به عنوان یک منبع نوید بخش در تولید پکتین استفاده نمود.

واژه های کلیدی: پکتین متوکسیل پایین، استخراج مایکروویو، استخراج اسیدی، میوه "به"، بازده، خواص فیزیکوشیمیایی.

*مسئول مکاتبات n.asefi@iaut.ac.ir

۱- مقدمه

پکتین هترو پلی ساکارید خطی با وزن مولکولی ۸۰-۵۰ هزار گرم بر مول در دیواره سلول‌های گیاهی بوده و عمدتاً از اسید گالاکتورونیک تشکیل شده است. برخی از گروه‌های کربوکسیل واحدهای اسید گالاکتورونیک ممکن است با متانول استریفیه شده باشند که میزان استریفیه بودن پکتین را درجه استریفیکاسیون می‌گویند. بسته به درجه استریفیکاسیون، پکتین‌ها به دو دسته متوکسیل بالا ($DE_1 > 50$) و متوکسیل پایین ($DE < 50$) تقسیم می‌شوند (۳۰). پکتین دارای خواص عملکردی زیادی بوده و می‌تواند به عنوان غلیظ کننده، عامل تشکیل ژل، پایدار کننده، امولسیفایر و عامل اتصال دهنده کاتیون عمل کند. پکتین با درجه استری بالا در حضور غلظت‌های بالای شکر (۷۵-۵۵ درصد) و در pH های پایین (۵-۲/۵) تشکیل ژل می‌دهد، در حالی که تشکیل ژل در پکتین با درجه استری پایین در دامنه وسیعی از pH در حضور یا بدون حضور مقدار اندک شکر صورت می‌پذیرد، اما وجود یون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم برای تشکیل ژل این نوع پکتین الزامی است (۳۴). پکتین حاصل از پوست هندوانه، تفاله سیب و هلو از جمله پکتین‌های با درجه استری بالا (۱) و پکتین حاصل از پوست کاکائو و نارنج از جمله پکتین‌های با درجه استری پایین می‌باشند (۳۵). پکتین‌ها با درجات استری بالا و پایین خصوصیات فیزیکوشیمیایی مختلف و در نتیجه کاربردهای متفاوتی دارند. به طور کلی پکتین یک ترکیب هیدروکلوئیدی اسیدی است که به عنوان یک افزودنی طبیعی در بسیاری از صنایع و به ویژه صنایع غذایی، دارویی و پزشکی کاربردهای فراوانی دارد. در صنعت غذا از خاصیت ژل‌کنندگی، تثبیت‌کنندگی، ایجاد بافت، امولسیفایری، قوام‌دهندگی، پرکنندگی و جایگزین چربی آن استفاده می‌شود. بیشترین کاربرد پکتین در صنایع غذایی، استفاده از آن در تولید مرباها و ژله‌ها به عنوان یک ماده ایجاد کننده ژل و قوام دهنده است. علاوه بر این، به

عنوان ژل کننده در محصولات کم کالری به علت عدم حضور و یا حضور مقدار جزئی شکر برای افراد مبتلا به اضافه وزن و یا دیابت مورد استفاده قرار گیرد (۱۷). علاوه بر درجه استریفیکاسیون، درصد اسید گالاکتورونیک نیز از جمله خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم پکتین می‌باشد که رابطه مستقیمی با میزان خلوص دارد به طوری که هر چه میزان این پارامتر بیشتر باشد پکتین حاصل خالص‌تر است. همه انواع پکتین با محتوای بالای اسید گالاکتورونیک توصیف می‌شوند و با توجه به نظر سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و اتحادیه اروپا پکتین باید حداقل ۶۵ درصد اسید گالاکتورونیک داشته باشد (۳۳). استفاده از آب داغ اسیدی شده با اسیدهای معدنی از روشهای سنتی و پرکاربرد استخراج پکتین می‌باشد. استفاده از اسیدهای معدنی نه تنها سبب خوردگی تجهیزات و دستگاه‌ها می‌شود بلکه تخریب محیط زیست را نیز به دنبال دارد. همچنین این روش زمانبر بوده و سبب کاهش کیفیت پکتین تولیدی می‌شود. همچنین استفاده از آنزیم‌های سلولولاز و همی سلولولاز میکروبی از دیگر روش‌های استخراج پکتین می‌باشد که محصول به دست آمده قادر به تشکیل ژل نبوده و یا ژل ضعیفی ایجاد می‌کند (۲۹). بنابراین جایگزین کردن این روش با یک روش بهتر و جدیدتر که مشکلات ناشی از آن را به حداقل برساند، ضروری به نظر می‌رسد. روش مایکروویو از جمله روش‌های نوین استخراج بوده که اخیراً بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته و نسبت به روش‌های سنتی مزایای بسیاری دارد که از جمله آن می‌توان به زمان فرایند کوتاهتر، حلال مصرفی کمتر، راندمان تولید بالاتر، تولید محصول با کیفیت بالاتر و صرف هزینه کمتر اشاره کرد. پکتین تجاری عمدتاً از پوست مرکبات، تفاله سیب و چغندر قند استخراج می‌شود (۲۰) اما محققین و تولید کنندگان به دنبال منابع جدید بوده و مطالعات زیادی روی پکتین منابع غیر تجاری از قبیل پوست کاکائو (۶) تفاله هلو (۲۲) ضایعات گیاه سیزال (۲۸)، پوست سویا

۲-۲- استخراج پکتین

از روش باقریان و همکاران (۳) با کمی تغییر برای استخراج پکتین از میوه "به" با استفاده از امواج مایکروویو استفاده شد. در این روش به رنده شده در یک ارلن با محلول ۱ نرمال اسید هیدروکلریک و ۱ نرمال اسید سیتریک (نسبت ۱۰ به ۱ وزنی/حجمی حلال به نمونه ۱:۱۰) با آب مقطر دیونیزه مخلوط شد. pH مخلوط با محلول ۱ نرمال اسید هیدروکلریک و ۱ نرمال اسید سیتریک بر روی عدد ثابت ۲ تنظیم شد. فرآیند استخراج توسط مایکروویو مدل Multiwave GO, Germany، با توان ۵۰۰ وات و در زمان‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه، انجام گرفت. عصاره استخراج شده پس از سرد شدن تا دمای محیط توسط سانتریفیوژ مدل (Universal 320, Hettich, Germany)، (۱۰ دقیقه و با دور $4000 \times g$) سانتریفیوژ شده و سپس با کمک قیف بوختر (کاغذ صافی واتمن شماره ۱) صاف گردید. عصاره صاف شده در یک تبخیرکننده چرخشی (RV-10, IKA, Germany) و تحت شرایط خلاء تا یک پنجم حجم اولیه تغلیظ شده و به نسبت حجمی ۱ به ۱/۵ (قسمت عصاره و ۱/۵ قسمت اتانول ۹۶ درصد) با اتانول ۹۶ درصد مخلوط شد و به مدت ۸ ساعت در درجه حرارت محیط باقی ماند تا پکتین رسوب کند. پکتین رسوب کرده ۲ بار با اتانول ۹۶ درصد تازه شستشو داده شد تا مونوساکاریدها و دی‌ساکاریدها از آن جدا شود. سپس با کمک قیف بوختر (کاغذ صافی واتمن شماره ۱) ناخالصی‌های آن جدا شد. پکتین به دست آمده تحت شرایط خلاء (۴۵ درجه سانتی‌گراد) تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید.

۲-۳- تعیین بازده استخراج، درجه استریفیکاسیون و

درصد گالاکتورونیک اسید پکتین تولید شده

$100 \times (\text{وزن پودر خشک اولیه (گرم)} / \text{وزن پکتین خالص (گرم)}) = \text{بازده استخراج (درصد)}$

بازده استخراج پکتین از طریق رابطه ازیر محاسبه گردید (۱۵). درجه استریفیکاسیون نمونه پکتین به روش پتانسیومتری ستوس و همکاران (۲۸) با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. ۰/۱

(۱۳)، پوست موز (۲۶)، کدو تنبل (۲۵) و پوست گریپ فروت (۳۱) انجام داده اند. میوه "به" با نام علمی (*Cydonia oblonga*) از خانواده روزاسه^۱ می‌باشد که به خاطر بوی دلپذیر و عطر و طعم متمایز آن در ایران شناخته می‌شود. این میوه دارای خواص تغذیه‌ای و دارویی فراوانی می‌باشند. و غنی از ترکیبات مغذی چون ویتامین‌های A و B، املاح آهنی و تانن است همچنین این میوه مقوی معده و متوقف کننده اسهال‌های ساده و خونی است و به دلیل دارا بودن پلی فنول، خواص آنتی آکسیدانی شگفت انگیزی دارد و از بروز بیماری‌های قلبی، عروقی و سکنه مغزی و سرطان جلوگیری می‌نماید. از میوه‌های "به" برای تولید مربا، مارمالاد، ژله و همچنین پودینگ استفاده می‌شود (۲۱). از آن جایی که این میوه دارای مقدار زیادی پکتین است و با توجه به مطالعات اندک پژوهشی در زمینه کاربردهای آن، بنابراین استفاده از آن برای تولید پکتین، موجب تولید یک فراورده با ارزش افزوده بالا خواهد شد. در این پژوهش استخراج پکتین از میوه "به" با هدف معرفی منبع جدیدی از پلی ساکارید بسیار با ارزش پکتین انجام گرفت. با توجه به این که نوع اسید و مدت زمان مایکروویو دهی بر کیفیت و کمیت پکتین تأثیر گذار است، بررسی فرآیند استخراج پکتین از منابع جدید از نظر دستیابی به بیشترین راندمان استخراج و درجه خلوص مطلوب ضروری به نظر می‌رسد.

۲- مواد و روش‌ها

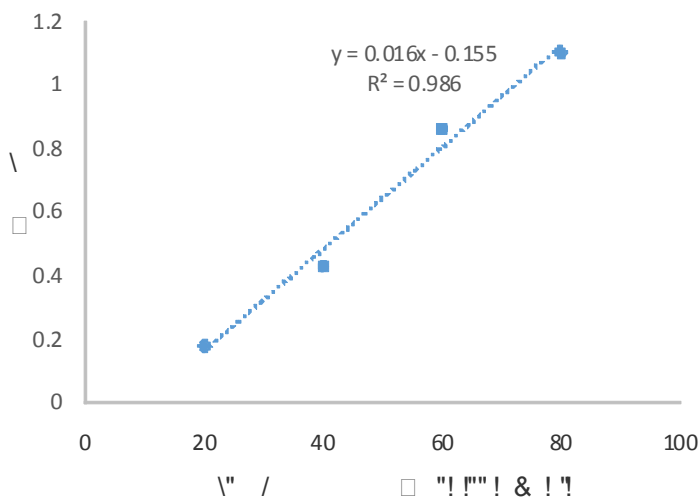
۲-۱- مواد

میوه "به" با رقم و واریته اصفهان از بازار محلی تهیه گردید و قبل از انجام آزمایشات در سردخانه بالای صفر نگهداری شد. در این پژوهش، میوه "به" رنده شده و عملیات استخراج پکتین بر روی آن انجام شد. اسید سیتریک، اسید هیدروکلریک، هیدروکسید سدیم، اتانول ۹۶ درصد از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

حجم سود مصرف شده به عنوان تیتراژ خنثی شدن (V1) بر حسب میلی لیتر، حجم مصرفی تحت عنوان تیتراژ صابونی شدن (V2) بر حسب میلی لیتر و DE درجه استریفیکاسیون (بر حسب درصد) می باشد. محتوای اسید گالاکتورونیک پکتین با روش رنگ سنجی با معرف متا هیدروکسی دی فنیل اکتباس شده از روش ایبارز و همکاران (۱۲) اندازه گیری شد. غلظت اسید گالاکتورونیک نمونه های پکتین با استفاده از معادله رگرسیون (شکل ۱) خطی منحنی کالیبراسیون و بر پایه وزن خشک پکتین محاسبه گردید.

گرم پکتین خشک به داخل ارلن ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شده و سپس با ۳ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد مخلوط شد. در مرحله بعد، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده شده و پس از هم زدن با هیدروکسید پتاسیم ۰/۱ مولار تیتراژ گردید. به محلول پلی گالاکتورونیک اسید خنثی شده در مرحله اول تیتراسیون، ۱۰ میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال اضافه تا گروه های استری شده پکتین صابونی شود. ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک اضافه شده و اسید اضافی مجدداً با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ تیتراژ شد و درجه استری شدن پکتین از رابطه (۲) زیر محاسبه می شود:

$$DE (\%) = [V2/(V1 + V2)] \times 100$$



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون غلظت اسید گالاکتورونیک در برابر میزان جذب خوانده شده در طول موج ۵۲۰ نانومتر

قابل برنامه ریزی (LV DV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA)، و با استفاده از اسپیندل LV در دمای اتاق اندازه گیری شد. حدود ۲۵ میلی لیتر از هر نمونه به داخل استوانه ویسکومتر ریخته شده و نرخ برش از ۲/۰۱ تا ۹۸/۱۲ بر ثانیه با فاصله های ۳ ثانیه برنامه ریزی گردید. سپس نمودار ویسکوزیته در مقابل نرخ برش رسم شد (۹). در این تحقیق، برای بررسی ویسکوزیته، ۲ محلول با زمان های

۲-۴- اندازه گیری گرانروی

در این قسمت ابتدا مخلوط پکتین و آب مقطر در غلظت های مختلف (۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد حجمی /وزنی) روی گرمکن مجهز به همزن مغناطیسی تا حل شدن کامل بهم زده شد، سپس به منظور هیدراته شدن کامل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. در ادامه ویسکوزیته غلظت های مختلف پکتین به وسیله یک ویسکومتر چرخشی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بازده استخراج

بازده استخراج کل به عنوان بازده پکتین به کار می‌رود، هرچند که ناخالصی‌هایی نظیر پکتین‌های تجزیه شده و نشاسته نیز ممکن است در ماده استخراج شده وجود داشته باشند. شکل ۲، نتایج مربوط به تأثیر نوع اسید (کلریدریک و سیتریک اسید) و زمان‌های اعمال مایکروویو (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) روی بازده استخراج پکتین (به صورت درصد) از پکتین میوه "به" را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در فرآیند استخراج با هر دو اسید و با افزایش زمان مایکروویو دهی از ۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه، افزایش معنی داری در بازده استخراج مشاهده گردید ($p < 0/05$). در همه زمان‌های اعمال مایکروویو درصد بازده استخراج با کلریدریک اسید از درصد بازده استخراج با سیتریک اسید به طور معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بیشتر است ($p < 0/05$) که این نشان دهنده تأثیر نوع اسید در افزایش درصد بازده استخراج پکتین میوه "به" می باشد. همچنین دلیل افزایش درصد بازده استخراج با افزایش زمان مایکروویو را می توان به نحوه حرارت دادن غیر گرادیانی در روش مایکروویو نسبت داد که باعث از هم گسیختگی نسبی بافت گیاه گردیده و در نتیجه حلال آن آسانتر می تواند به بافت نفوذ نموده و هیدرولیز نسبی پروتوپکتین را افزایش می دهد و موجب بالا رفتن راندمان پکتین می گردد. این افزایش در بازده با افزایش زمان مایکروویو دهی افزایش می یابد. با نتایج حاصل از این پژوهش با تحقیقات دیگر می توان بیان داشت که راندمان تولید پکتین حاصل از میوه "به" به طور معنی داری کمتر از پکتین حاصل از پوست هندوانه می باشد، زیرا نتایج حاصل از پژوهش ماران و همکاران (۱۹) که پکتین را از پوست هندوانه با استفاده از امواج مایکروویو استخراج کردند، نشان می دهد که بازده استخراج پکتین از این محصول در شرایط استخراج توان مایکروویو ۴۷۷ وات، زمان پرتو دهی ۱۲۸ ثانیه، نسبت مایع به جامد ۲۰/۳ درصد وزنی/حجمی و pH برابر با ۱/۵۲ در

مختلف مایکروویو دهی (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) از پکتین تولید شده در شرایط استخراج با اسید کلریدریک، تهیه گردید و ویسکوزیته نمونه ها با ویسکومتر در دمای اتاق مورد بررسی قرار گرفت. سپس نمودارهای ویسکوزیته که شامل نرخ برش در محور افقی و ویسکوزیته و تنش برش در محور عمودی است، رسم شدند. گرانیوی پکتین به صورت انتخابی از بین نمونه های با بازده بالاتر صورت می گیرد.

۲-۵- بررسی خصوصیات امولسیفایری

برای تخمین فعالیت امولسیفایری و ثبات امولسیون از روش دلو و سیمونوا (۸) با کمی تغییر استفاده شد. برای تهیه امولسیون ۵ میلی لیتر روغن آفتابگردان به ۵ میلی لیتر محلول پکتین ۵ درصد حجمی/وزنی (شامل ۰/۰۲ درصد سدیم آزید به عنوان ضد باکتری) اضافه شد. در مرحله بعد، نمونه ها با هموژنایزر در ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۴ دقیقه مخلوط شدند. سپس، امولسیون ها در شرایط $4000 \times g$ به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شدند. فعالیت امولسیفایری با توجه به رابطه (۳) زیر محاسبه گردید:

$$100 \times (\text{حجم کل نمونه} / \text{حجم لایه امولسیون شده}) = \text{فعالیت امولسیفایری}$$

برای مطالعه ثبات امولسیون، نمونه های تولید شده، به مدت ۱ و ۳۰ روز در هر یک از دماهای ۲۳ و ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. سپس این فاکتور با توجه به رابطه (۴) زیر محاسبه گردید:

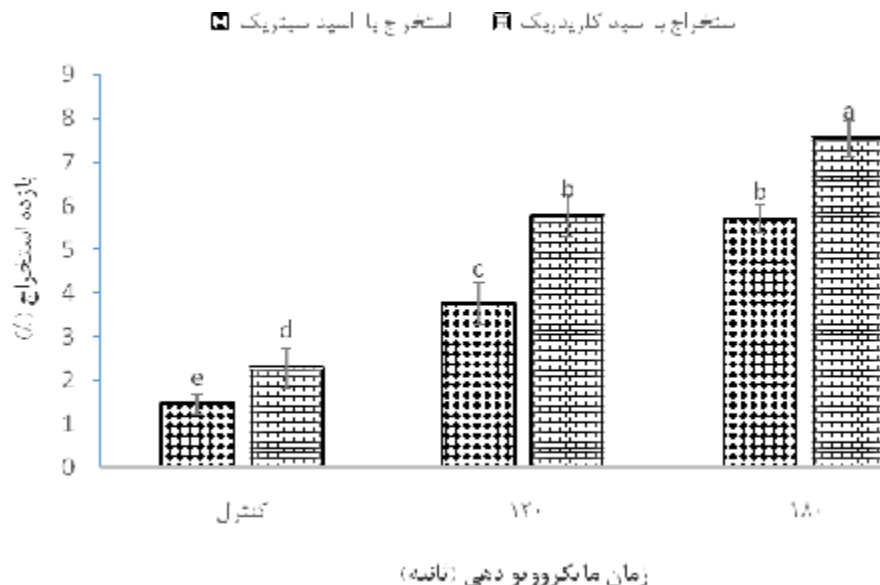
$$100 \times (\text{حجم لایه امولسیون اولیه} / \text{حجم لایه امولسیون باقیمانده}) = \text{ثبات امولسیون (درصد)}$$

۲-۶- آنالیز آماری

در این تحقیق، بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده های به دست آمده از آزمایشات، به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال $P \leq 0/05$ استفاده شده و کلیه نمودارها توسط نرم افزار EXCEL 2013 رسم خواهند شد.

احتمالا به دلیل تفاوت بافت و دمای اعمال شده حین فرآیند بوده است. تفاوت در نتایج به دست آمده از تحقیقات مختلف می تواند به دلیل تفاوت در ماده اولیه، عوامل ژنتیکی، ارقام مختلف، شرایط کاشت، خاک، آب و هوا، مرحله بلوغ، اندازه ذرات، شرایط نگهداری و شرایط استخراج باشد.

حدود ۲۵/۵۳ درصد می باشد. اما زمانی که از محلول اسیدی داغ در شرایط دمای ۸۵ درجه سانتیگراد، زمان استخراج ۴ ساعت و pH برابر با ۲/۳۰ برای استخراج پکتین از پوست هندوانه استفاده شد راندمان استخراج (۹/۳۰ درصد) به طور معناداری کاهش یافت اما این مورد هم به طور معنی داری بیشتر از بیشترین مقدار به دست آمده در این پژوهش بود که



شکل ۲- تاثیر استخراج با دو نوع کلریدریک و سیتریک اسید بر درصد بازده استخراج پکتین میوه "به" در نمونه کنترل و زمان های مختلف مایکروویو دهی (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه). ستون های دارای حروف نامشابه اختلاف معنی دار دارند ($p < 0.05$)

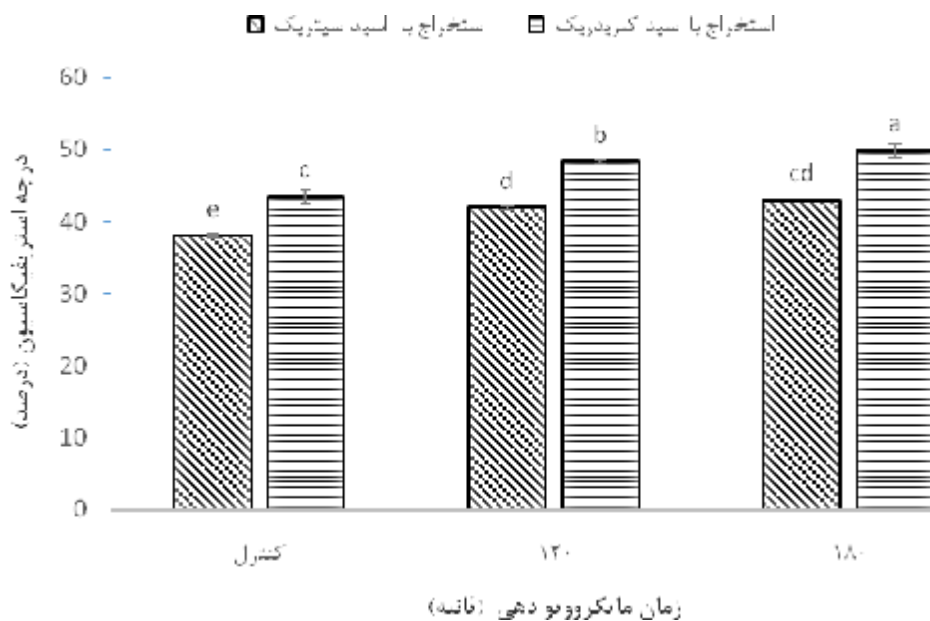
معنی داری در هر دو زمان مایکروویو دهی نمونه نسبت به نمونه کنترلی که تحت مایکروویو قرار نگرفته است از نظر درجه استریفیکاسیون مشاهده گردید ($p < 0.05$) اما از نظر درجه استریفیکاسیون بین نمونه های مایکروویو داده شده (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) در شرایط استخراج با اسید سیتریک اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد ($p > 0.05$). در شرایط استخراج با اسید کلریدریک بین نمونه های مایکروویو داده شده در تمام زمانها (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) افزایش معنی داری در درجه استریفیکاسیون مشاهده شد ($p < 0.05$). دلیل بالا بودن درجه استریفیکاسیون در نمونه های پکتین مایکروویو داده شده نسبت به نمونه کنترل

۳-۲- درجه استریفیکاسیون پکتین

درجه استریفیکاسیون از فاکتورهای مهمی است که تا حدود زیادی تعیین کننده کاربرد پکتین می باشد. با توجه به شکل (۳) مشاهده می شود پارامترهای مؤثر در فرآیند استخراج (نوع اسید و زمان مایکروویو) تأثیر قابل توجهی روی درجه استریفیکاسیون (درصد) پکتین دارند. به طوری که بیشترین درجه استریفیکاسیون در شرایط ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی و مقدار کلریدریک اسید برابر با ۴۹/۸۶ درصد و کمترین درجه استریفیکاسیون در نمونه کنترل (مایکروویو داده نشده) و مقدار سیتریک اسید برابر با ۳۸/۰۶ درصد حاصل شد. در شرایط استخراج با اسید کلریدریک و اسید سیتریک افزایش

LM (متوکسیل پایین) می باشد. بنابراین این نوع پکتین با درجه استری پایین، بدون حضور شکر و یا در حضور مقدار جزئی شکر و در محدوده وسیعی از pH (۲ تا ۶) ایجاد ژل می کند، اما حضور یون‌های دو ظرفیتی، مثل کلسیم برای این منظور، ضروری است. علاوه بر این درجه استریفیکاسیون پکتین هر میوه خاصی در تحقیقات مختلف با مقدار متفاوتی گزارش شده است که بیشتر ناشی از تفاوت در شرایط استخراج می باشد. طبق نظر گارنا و همکاران (۱۰) ساختار و ترکیب شیمیایی پکتین به منبع آن، روش تهیه بافت، شیوه استخراج، روش مورد استفاده برای جداسازی پکتین های استخراجی از مواد محلول، نوع و میزان تخلیص قبل از آنالیز و روش های استفاده شده برای ارزیابی و بررسی خصوصیات پکتین بستگی دارد و این عوامل موجب اختلاف در کمیت و کیفیت پکتین می شوند

تحت شرایط استخراج با کلریدریک و سیتریک اسید را می توان به غیرفعال شدن سریع آنزیم های پکتینولیتیک نسبت داد که ناشی از نوع گرمایش سریع و غیرگرادیانی می باشد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج مطالعات ونگوای و همکاران (۳۲) هماهنگی دارد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که با افزایش زمان مایکروویو دهی و در شرایط استفاده از کلریدریک اسید درجه استریفیکاسیون پکتین حاصله نیز مانند بازده استخراج، افزایش می یابد. زمان ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی بیشترین تاثیر را روی افزایش درجه استریفیکاسیون پکتین در شرایط استخراج با کلریدریک اسید داشت. این افزایش می تواند احتمالا به دلیل غیر فعال سازی بیشتر آنزیم پکتین متیل استراز در زمان های بالاتر باشد با توجه به شکل ۲ می توان ملاحظه نمود که درجه استریفیکاسیون پکتین "به" پایین بوده (کمتر از ۵۰) و از این رو جزو پکتین های

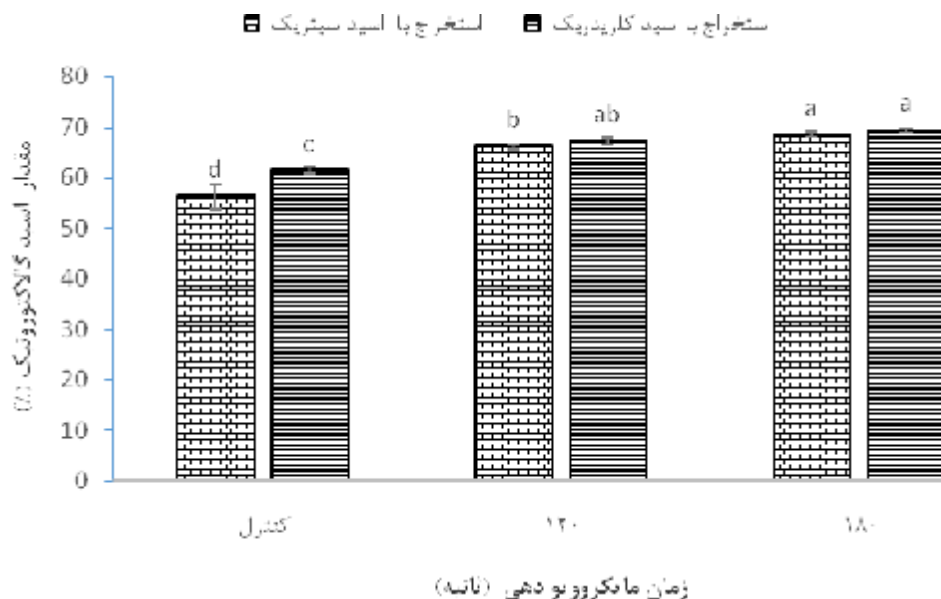


شکل ۳- تاثیر استخراج با دو نوع کلریدریک و سیتریک اسید و زمان های مختلف تیمار مایکروویو (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) بر درجه استریفیکاسیون پکتین میوه "به". ستون های دارای حروف نامشابه اختلاف معنی دار دارند ($p < 0.05$)

۳-۳- محتوای اسید گالاکتورونیک

درصد گالاکتورونیک اسید نشان دهنده میزان خلوص پکتین می‌باشد و هر چه میزان این پارامتر بیشتر باشد پکتین حاصل خالص تر است شکل ۴ نتایج تأثیر شرایط استخراج شامل زمان میکروویو دهی و نوع اسید (کلریدریک و سیتریک اسید) در pH مشخص را بر درصد اسید گالاکتورونیک پکتین "به" نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار می‌توان تغییرات درصد گالاکتورونیک اسید را در شرایط مختلف استخراج مشاهده نمود به طوری که بالاترین درصد اسید گالاکتورونیک مربوط به شرایط استخراج با کلریدریک اسید و ۱۸۰ دقیقه تحت اشعه میکروویو (۶۹/۳۷ درصد) و کمترین میزان اسید گالاکتورونیک مربوط به شرایط استخراج با اسید سیتریک و بدون اعمال اشعه میکروویو در نمونه کنترل (۵۶/۳۳ درصد) بود. در شرایط استخراج با اسید کلریدریک و اسید سیتریک، افزایش معنی داری بین نمونه های میکروویو دیده با نمونه کنترلی (مایکروویو داده نشده) از نظر درصد اسید گالاکتورونیک در سطح ۵ درصد قابل مشاهده بود ($p < 0.05$). اما بین نمونه های تحت امواج میکروویو در زمان های ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه استخراج شده با اسید کلریدریک و ۱۸۰ ثانیه استخراج شده با اسید سیتریک اختلاف معنی داری وجود نداشت. با بررسی نتایج حاصل از محتوای اسید گالاکتورونیک می‌توان بیان داشت که پکتین‌های تحت امواج میکروویو با هر دو نوع اسید از خلوص مطلوبی برخوردار هستند. فاکتورهای مختلفی روی محتوای اسید گالاکتورونیک مؤثر هستند که از مهم‌ترین آن می‌توان به منبع پکتین و شرایط استخراج اشاره کرد. با مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با منابع تجاری پکتین می‌توان بیان داشت که محتوای اسید گالاکتورونیک پکتین استخراج شده از این منبع تقریباً مشابه با تفاله چغندر قند

(۷۷/۸-۶۰/۲ درصد) و سیب (حدود ۷۳ درصد) بوده است (۱۸،۵). با بررسی نتایج حاصل از محتوای اسید گالاکتورونیک می‌توان بیان داشت که درصد اسید گالاکتورونیک همه پکتین‌های میکروویو دهی شده بالاتر از ۶۵ درصد بوده، بنابراین پکتین‌های حاصل با اساسنامه سازمان خواروبار (FAO) و اتحادیه اروپا و کشاورزی ملل متحد مطابقت دارند (۳۳). باقریان و همکاران (۳) نیز در استخراج پکتین با فراصوت از پوست گریب فروت در شرایط مشابه استخراج، روند افزایش درصد اسید گالاکتورونیک با افزایش زمان استخراج را گزارش کرده بودند. درصد اسید گالاکتورونیک پکتین استخراج شده از سیب توسط کنستلا و همکاران (۷) و راسون چو و همکاران (۲۷) به ترتیب ۶۰ و ۶۵ اعلام شد که بسیار مشابه با نتایج این تحقیق برای میوه "به" می‌باشد. گالاکتورونیک اسیدها واحدهای سازنده پکتین می‌باشند. در هنگام استخراج پکتین هرچه از زمان های طولانی‌تر و pH های پایین‌تر استفاده شود، میزان گالاکتورونیک تا حدی افزایش و از آن پس به واحدهای کوچکتر تجزیه می‌گردد که یکی از دلایلی که می‌توان برای افزایش خلوص در اثر کاهش pH استخراج عنوان کرد این است که هیدرولیز قندهای خنثی پکتین در pH پایین اتفاق می‌افتد (۳۵). بنابراین با افزایش زمان فراصوت دهی میزان اسید گالاکتورونیک و خلوص افزایش می‌یابد که به علت تجزیه واحدهای پکتین ناشی از امواج فراصوت (۲۴،۲۳) و گرمای حاصل می‌باشد و با تغییر نوع اسید میزان گالاکتورونیک متفاوت است که احتمالاً به دلیل تفاوت در مقدار pH ایجاد شده توسط هر کدام از اسیدهای مورد استفاده می‌باشد

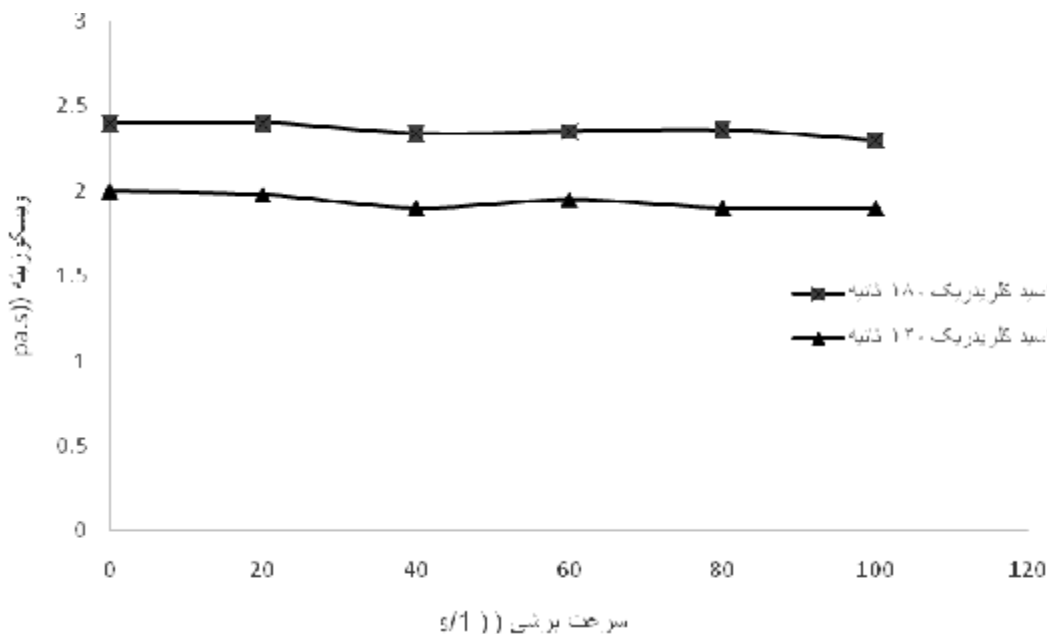


شکل ۴- تاثیر استخراج با دو نوع کلریدریک و سیتریک اسید و زمان‌های مختلف تیمار مایکروویو (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) بر درصد گالاکتورونیک اسید پکتین میوه "به". ستون‌های دارای حروف نامشابه اختلاف معنی دار دارند ($p < 0.05$)

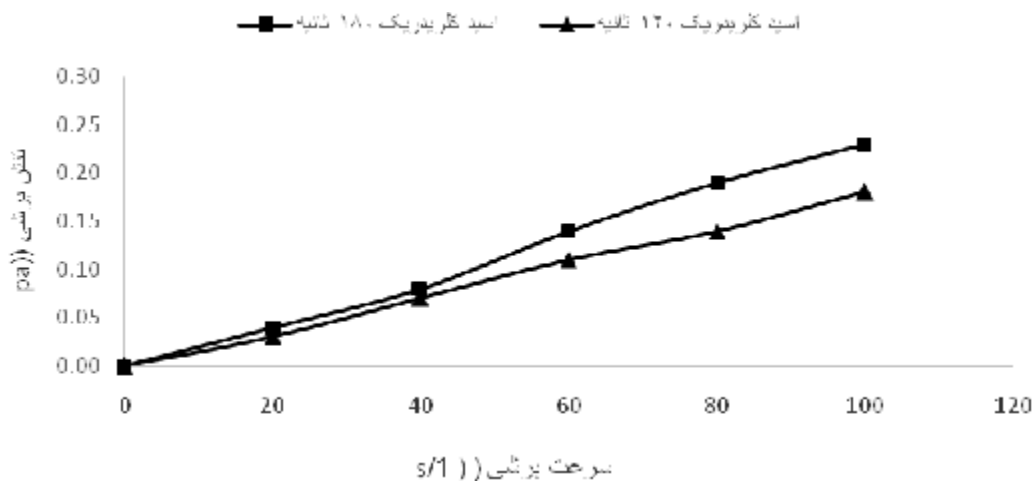
۳-۴- بررسی ویسکوزیته و رفتار جریان:

لازم به ذکر است که در این پژوهش ویسکوزیته بر اساس بازده استخراج پکتین انجام شد، بنابراین پکتین‌های حاصل از استخراج با اسید کلریدریک که بازده بالاتری را دارند برای انجام آزمون‌های ویسکوزیته انتخاب شدند و از انجام آزمون‌های ویسکوزیته بر روی پکتین‌های حاصل از استخراج با سیتریک اسید که بازده پایینی دارد، در این مرحله صرف نظر شد. بطور کلی هیدروکلوئیدهایی مانند پکتین قادر به ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین می‌باشند (۱۴). این ویژگی بیشتر به ساختارهای ماکرومولکولی مختلف موجود در

نمونه بستگی دارد. نتایج این آزمایش در دمای اتاق نشان داد که پکتین‌های حاصل از میوه "به" استخراج شده با اسید کلریدریک و تحت مایکروویو دهی به مدت ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه دارای رفتار نیوتنی بوده، به طوری که با افزایش نرخ برش ویسکوزیته ثابت مانده است. در شکل (۵) و (۶) مقادیر تنش برشی به عنوان تابعی از نرخ برش برای پکتین استخراج شده از میوه "به" در شرایط استخراج با اسید کلریدریک در دو زمان ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود تمامی نمونه‌ها دارای رفتار نیوتنی هستند ($n=1$) (۹)



شکل ۵- ویسکوزیته ظاهری- سرعت برشی پکتین میوه "به" استخراج شده با اسید کلریدریک در ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی



شکل ۶- تنش برشی- سرعت برشی پکتین میوه "به" استخراج شده با اسید کلریدریک در ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی

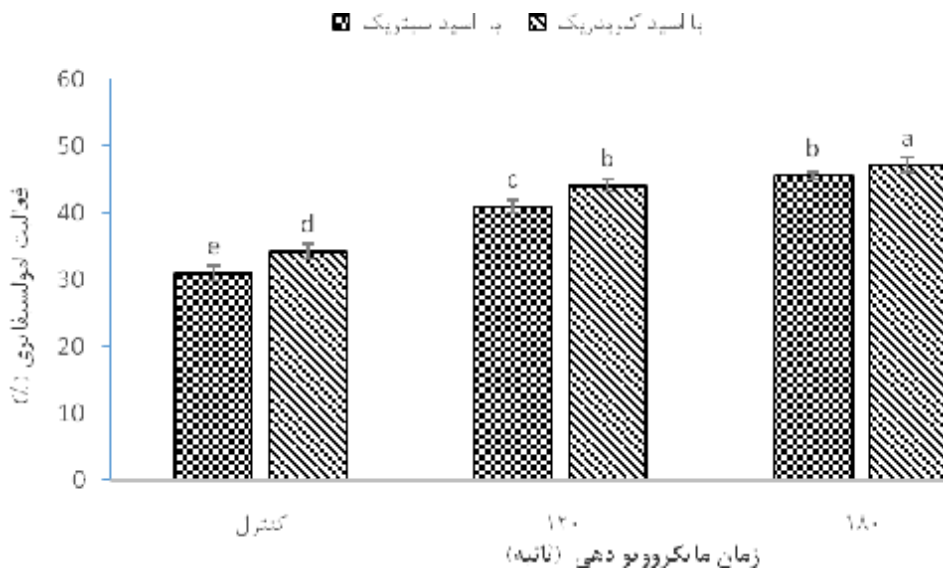
۳-۵- خصوصیات امولسیفایری

یکی از خواص مهم هیدروکلوئیدها خاصیت امولسیفایری و پایدار کنندگی امولسیون توسط آنها است که در صنعت غذا کاربرد فراوانی دارد در این پژوهش، فعالیت امولسیفایری پکتین های حاصل از میوه "به" تحت امواج مایکروویو در

شرایط استخراج با دو نوع اسید کلریدریک و اسید سیتریک، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فعالیت امولسیفایری که بنا به تعریف حجم لایه امولسیون به حجم کل می باشد برای پکتین های نمونه کنترل در شرایط استخراج با کلریدریک اسید و سیتریک اسید به ترتیب در حدود

مختلف گزارش شده است بطوریکه مقدار ۴۵/۸ درصد برای پکتین تفاله سیب و ۳۷ درصد برای پکتین تفاله زردآلو (۴)، ۵۸/۳ درصد برای پکتین میوه نخل پالمیرا (۲)، ۴۰/۷ درصد برای پکتین پوست نارنج (۱۱)، ۳۵-۴۰ درصد برای پکتین تفاله چغندر قند (۱۸) توسط محققان به دست آمده است. پکتین میوه "به" در شرایط استخراج با اسید کلریدریک و ۱۸۰ دقیقه مایکروویو دهی در مقایسه با گزارش‌های فوق از فعالیت امولسیفایری بالاتری برخوردار است که می‌تواند به دلیل درجه استریفیکاسیون بالای این نوع پکتین باشد (۱۶). حسینی و همکاران (۱۱) اثر شرایط استخراج اسیدی بر بازده و ویژگی‌های کیفی پکتین حاصل از پوست نارنج را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، پکتین استخراجی در شرایط بهینه استخراج دارای فعالیت امولسیفایری برابر با ۴۵/۶ درصد و پایداری امولسیون مناسب بوده است.

۳۴/۲۵ و ۳۰/۹۳ درصد بوده است. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود فعالیت امولسیفایری پکتین حاصل از میوه "به" با اعمال اشعه مایکروویو در دو دوره ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه بر روی نمونه‌ها به طور معنی‌داری نسبت به نمونه کنترلی افزایش نشان داد ($p < ۰/۰۵$). همچنین با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که پارامترهای موثر در فرآیند استخراج (نوع اسید و زمان مایکروویو) تأثیر قابل توجهی روی درصد فعالیت امولسیفایری پکتین دارند به طوری که بالاترین فعالیت امولسیفایری، در شرایط استخراج با کلریدریک اسید و زمان ۱۸۰ دقیقه مایکروویو دهی برابر با ۴۸/۳۸ درصد و کمترین فعالیت امولسیفایری در میان نمونه‌های تحت مایکروویو مربوط به پکتین استخراج شده با سیتریک اسید و ۱۲۰ دقیقه مایکروویو دیده به میزان ۴۳/۰۶ درصد می‌باشد. تاکنون مقادیر متفاوتی برای فعالیت امولسیفایری پکتین از منابع



شکل ۷- تاثیر استخراج با دو نوع کلریدریک و سیتریک اسید و زمان‌های مختلف تیمار مایکروویو (۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه) بر درصد فعالیت امولسیفایری پکتین میوه "به". ستون‌های دارای حروف نامشابه اختلاف معنی‌دار دارند ($p < ۰/۰۵$)

۴- نتیجه گیری

با توجه به نیاز روز افزون به پکتین برای بهره گیری از خواص عملکردی آن به عنوان یکی از ترکیبات افزودنی در مواد غذایی و آگاهی از ویژگیهای درمانی این بیوپلیمر می توان از منابع گیاهی مختلف جهت استخراج پکتین استفاده نمود. با توجه به این که نوع اسید و مدت زمان مایکروویو دهی بر کیفیت و کمیت پکتین تأثیر گذار است، بررسی فرآیند استخراج پکتین از منابع جدید ضروری به نظر می رسد. در این پژوهش بیشترین بازده پکتین (۷/۵۵ درصد)، درجه استریفیکاسیون (۴۹/۸۶ درصد)، درصد اسید گالاکتورونیک (۶۹/۳۷ درصد) و فعالیت امولسیفایری (۴۷/۲ درصد) برای میوه "به" مورد استفاده برای استخراج با کلریدریک اسید و ۱۸۰ ثانیه مایکروویو دهی (تحت شرایط به ترتیب ۵۰۰ وات، pH برابر با ۲ و ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه) بدست آمد، در حالیکه ویسکوزیته ذاتی (۰/۲۲۹ دسی لیتر بر گرم) برای پکتین استخراج شده از میوه مورد استفاده با اسید سیتریک و ۱۲۰ ثانیه مایکروویو دهی بدست آمد. درجه استری شدن در بیشتر تیمارها کمتر از ۵۰ درصد بدست آمد که نشان می دهد پکتین میوه "به"، پکتینی متوکسیل پایین (LM) است. بازده استخراج در مقایسه با مقادیر گزارش شده برای دیگر منابع رایج پکتین پایین تر بود که می تواند ناشی از تفاوت در ماده اولیه، عوامل ژنتیکی، ارقام مختلف، شرایط کاشت، خاک، آب و هوا، مرحله بلوغ، اندازه ذرات، شرایط نگهداری و شرایط استخراج باشد.

میزان خلوص پکتین های استخراج شده از میوه "به" در شرایط مختلف بالا می باشد. شرایط مختلف استخراج بر میزان خلوص پکتین نیز تأثیر گذار بود به طوری که آنالیز واریانس نشان داد که نوع اسید و زمان مایکروویو دهی بطور معنی داری بر میزان درصد اسید گالاکتورونیک تأثیر گذار هستند. درصد اسید گالاکتورونیک پکتین میوه "به" تحت مایکروویو دهی بالاتر از ۶۵ درصد (حداقل مقدار مجاز برای پکتین تجاری) و می تواند یک منبع مناسب برای تولید تجاری پکتین

باشد. فعالیت امولسیفایری در محدوده ۴۷-۴۰ درصد بوده و همچنین پکتین استخراج شده با اسید کلریدریک در همه زمان های مایکروویو دهی دارای رفتار نیوتنی است.

۵- منابع

۱. صابریان، ح.، حمیدی اصفهانی، ز.، احمدی گاولیقی، ح. و برزگر، م. ۱۳۹۵. مقایسه روشهای آنزیمی، اهمی و متداول بر بازده و ویژگیهای کیفی پکتین استخراجی از ضایعات پرتقال. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۴، شماره ۱، ۸۰-۶۹.

- Assoi, S., Konan, K., Walker, L., Holser, R., Agbo, G.N., Dodo, H. and Wicker, L. 2014. Functionality and yield of pectin extracted from Palmyra palm (*Borassus aethiopicum* Mart) fruit. *LWT-Food Science and Technology*, 58(1):214-221.
- Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A. and Mohtashamy, M. 2011. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(11-12):1237-1243.
- Baississe, S., Ghannem, H., Fahloul, D. and Lekbir, A. 2010. Comparison of structure and emulsifying activity of pectin extracted from apple pomace and apricot pulp. *World Journal Dairy & Food Science*, 5(1): 79-84.
- Canteri-Schemin, MH., Fertoni, HCR., Waszczyński, N. and Wosiacki, G. 2005. Extraction of pectin from apple pomace. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(2): 259-266.
- 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): 3752-3758.
- Constenla, D. and Lozano, J.E. 2003. Kinetic model of pectin demethylation.

- Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 17(4): 455-462.
17. Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y. and Yao, J. 2010. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*, 101(9): 3268–3273.
 18. Ma, S., Yu, S., Zheng, X., Wang, X., Bao, QD. and Guo, X. 2013. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 98(1): 750–753.
 19. Maran, JP., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. and Sridhar, R. 2014. Microwave assisted extraction of pectin from waste Citrullus lanatus fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*, 101: 786–791.
 20. Mesbahi, G., Jamalian, J. and Farahnaky, A. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19(4): 731–738.
 21. Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Mortazavi, S. A. 2012. Kinetic modeling of rehydration in air-dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(5): 383-392.
 22. Pagan, J. and Ibarz, A. 1999. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering*, 39(2): 193–201.
 23. Panchev, I., Kirchev, N. and Kratchanov, C. 1988. Improving pectin technology. extraction using ultrasonic treatment, *International Journal of Food Science and Technology*, 23(4): 337–341.
 24. Patist, A. and Bates, D. 2008. Ultrasonic innovations in the food industry: from the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2): 147–154.
 25. Ptichkina, NM., Markina, OA. and Rummyantseva, GN. 2008. Pectin extraction from pumpkin with the aid of *Journal of Latin American Applied Research*, 33: 91-96.
 8. Dalev, PG., Simeonova, LS. 1995. Emulsifying properties of protein–pectin complexes and their use in oil-containing foodstuffs. *Journal Science and Food Agriculture*, 68(2): 203–206.
 9. Garavand, F. and Madadlou, A. 2014. Recovery of phenolic compounds from effluents by a microemulsion liquid membrane (MLM) extractor *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 443(1):303–310.
 10. Garna, H., Mabon, N., Robert, C., Cornet, C., Nott, K., Legeros, H., Wathelet, B. and Paquot, M. 2007. Effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipitated but not washed by alcohol. *Journal of Food Science*. 72(1): C001-C009.
 11. Hosseini, S., Khodaiyan, F. and Yarmand, M. 2016. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate Polymer*, 140: 59-65.
 12. Ibarz, A., Pagan, A., Tribaldo, F. and Pagan, J. 2006. Improvement in the measurement of spectrophotometric data in the m-hydroxydiphenyl pectin determination methods. *Food Control*, 17(11): 890–893.
 13. Kalapathy, U. and Proctor, A. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry*, 73(4): 393–396.
 14. Kontogiorgos, V., Margelou, I., Georgiadis, N. and Ritzoulis, C. 2012. Rheological characterization of okra pectins. *Food Hydrocolloids*, 29(2): 356–362.
 15. Kulkarni, S. G. and Vijayanand, P. 2009. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peels. *LWT - Food Science and Technology*, 43(7):1026-1031.
 16. Leroux, J., Langendorff, V., Schick, G., Vaishnav, V. and Mazoyer, J. 2003.

31. Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X. and Liu, D. 2015. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: optimization and comparison with the conventional method. *Food chemistry*, 178:106-114.
32. Wengwai, W., Alkarkhi, A F. and Easa, A M. 2010. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. *Food and Bioproducts Processing* ,88(2-3):209-214.
33. Willats, WGT., Knox, JP. and Mikkelsen, JD. 2006. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3): 97-104.
34. Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X. and Liu, D. 2014. Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *Journal of Food Engineering*, 126: 72-81.
35. Yapo, BM., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B. and Paquot, M. 2007. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chemistry*, 100(4): 1356-1364.
- microbial enzymes. *Food Hydrocolloid*, 22(1): 192-195.
26. Qiu, L., Zhao, G., Wu, H., Jiang, L., Li, X. and Liu J. 2010. Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 80(2): 326-331.
27. Rascon chu, A., Lopez, A.L., Millan, E., Renova, N.P., Escalante, J. and Chacon, A. 2009. Pectin from low quality Golden Delicious apples: composition and gelling capability. *Food Chemistry*, 116(1): 101-103.
28. Santos, JDG., Espeleta, AF. and Branco, A. de Assis, SA. 2013. Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate Polymers*, 92(2): 1997-2001.
29. Seixas, FL., Fukuda, DL., Turbiani, FRB., Garcia, PS., Carmen, LO. and Jagadevan, S. 2014. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food Hydrocolloids*, 38: 186-192.
30. Thakur, B.R., Singh, S.K., Handa, A.K. and Rao, M.A. 1997. Chemistry and uses of pectin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition Chemistry*, 37(1):47-73 .

(Original Research Paper)

The Effect of Microwave Time and Acid Type on the Qualitative Properties of Extracted Low Methoxyl Pectin From Quince Fruit

Neda Ebrahimi¹, Narmela Asefi^{2*}

1-M.Sc Student of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received:16/06/2019

Accepted:09/11/2019

Abstract

Pectin is a complex mixture of polysaccharides that is widely used in the food industry as a gelling agent, stabilizer and emulsifier. In this research Pectin was extracted assisted by microwave under the power of 500 W, two types of acids(HCL and citric acid) at pH of 2, time of 120and 180 second. Then, the physicochemical properties of pectin, such as content of galacturonic acid, esterification degree, emulsifier properties, extraction efficiency, and rheological properties were investigated. The results of this study showed that pectin had an efficiency of 7.55% and a reasonable purity (with galacturonic acid content of <65%). The study of degree of extraction revealed that pectin derived from Quince fruit at 180 second of microwave and extraction with HCL was low methoxyl pectin (LM). The pectin's' emulsifying activity was high. The viscosity results illustrated that the pectin solutions at both of the time have Newtonian behavior. good degree of purity and acceptable physicochemical properties of obtained pectin show that this agricultural product can be used as a promising source for pectin production.

Keywords: ow Methoxyl Pectin, Microwave Extraction, The Acid Extraction, Quince Fruit, Efficiency and Physicochemical Properties

* Corresponding Author: n.asefi@iaut.ac.ir