



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی استخراج پکتین از پوست خربزه رقم‌های زمستانه و مشهدی (قصری) با استفاده از پیش تیمار مایکروویو

الناز هراتی^۱، احمد پدramنیا^۲، محسن وظیفه دوست^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

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

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۷</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲</p>	<p>این پژوهش به منظور استخراج مواد با ارزش و پر کاربرد در صنایع غذایی و دارویی از ضایعات محصولات کشاورزی انجام شد. در این پژوهش که با هدف استخراج پکتین از پوست خربزه رقم های زمستانه و مشهدی (قصری) به روش اسیدی با استفاده از پیش تیمار مایکروویو انجام شد، پکتین تحت شرایط مایکروویو (توان ثابت ۹۰۰ وات)، زمان پرتودهی (۱ و ۳ دقیقه) و نسبت حلال استخراج به ماده اولیه ۱:۱۵ وزنی/حجمی و در pH ثابت ۱/۵، استخراج شد. نتایج نشان داد که بیشترین راندمان استخراج مربوط به خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) برابر با مقدار ۱۳/۵ درصد بود و با افزایش مدت زمان از ۱ به ۳ دقیقه، راندمان استخراج پکتین، در هر دو رقم خربزه افزایش یافت. هم‌چنین پکتین حاصل از تمامی تیمارها، دارای درجه خلوص مطلوبی (با محتوی گالاکتورونیک اسید بالای ۶۵ درصد) بود. بررسی درجه استریفیکاسیون مشخص کرد که پکتین حاصل از همه تیمارهای خربزه زمستانه و مشهدی، جزء پکتین‌های با درجه استری پایین می‌باشند. بیشترین وزن معادل نیز مربوط به پکتین حاصل از خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) بود که برابر با مقدار ۸۹۰ میلی‌گرم به‌دست آمد. فعالیت امولسیفایری پکتین‌های حاصل از هر دو رقم خربزه نیز پایین بود. هم‌چنین میزان ظرفیت نگهداری آب پکتین‌های حاصل از تمام تیمارهای خربزه زمستانه و مشهدی در حد مطلوبی بود و نشان داد که پکتین‌های حاصل از این پژوهش، می‌تواند جهت حفظ آب در برخی سیستم‌های غذایی، مورد استفاده قرار گیرد. از مجموع موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که از پوست خربزه رقم‌های زمستانه و مشهدی که جزء ضایعات کشاورزی به شمار می‌رود، می‌توان به عنوان یک منبع نوید بخش در تولید پکتین استفاده نمود.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>استخراج پکتین، پوست خربزه، پیش تیمار مایکروویو.</p>	
<p>DOI: 10.22034/FSCT.21.149.40.</p> <p>* مسئول مکاتبات: ahmadpedram@yahoo.com</p>	

۱- مقدمه

پکتین یک ترکیب مهم از دیواره سلولی همه گیاهان زمین می‌باشد و در رژیم غذایی معمولی هر روز حدود ۵-۴ گرم مصرف می‌شود. مصرف سالانه پکتین در سرتاسر دنیا حدود ۴۵ هزار تن تخمین زده می‌شود، در حالی که تولید آن ۲۵-۲۰ هزار تن در سال می‌باشد. با توجه به نیاز روز افزون به پکتین با ویژگی‌های 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 [۱].

پسماند کارخانجات تولید آب سیب و مرکبات به عنوان مهم‌ترین منبع برای تولید پکتین در مقیاس تجاری است. با توجه به کاربرد و استفاده فراوان پکتین در صنعت غذا، امروزه پژوهشگران به دنبال یافتن منابع دیگر برای استحصال پکتین هستند که در این میان، استفاده از پسماند مواد غذایی مورد توجه زیاد قرار گرفته است، زیرا دفع ضایعات و پسماندهای کارخانه‌های مواد غذایی از چالش‌های عمده تولیدکنندگان محصولات غذایی است، زیرا منجر به افزایش هزینه‌ها، آلودگی فضای کارخانه و محیط زیست می‌شود. این در حالی است که اکثر مواد ضایعاتی غنی از ترکیباتی هستند که به دلیل خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی مناسب می‌توانند در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار بگیرند [۲].

پکتین مخلوط پیچیده‌ای از پلی‌ساکاریدهای موجود در دیواره سلولی همه گیاهان بوده که بخش اعظم آن را گالاکتورونیک اسید و قندهای طبیعی مانند رامنوز، آرابینوز و گالاکتوز تشکیل می‌دهند [۳]. از مهم‌ترین خصوصیات پکتین می‌توان به رهایش بسیار خوب طعم، خصوصیات فرآوری خوب و پایداری در pH های کم اشاره کرد. امروزه از پکتین علاوه بر استفاده به عنوان عامل ژل کننده، به عنوان قوام دهنده، عامل پایدارکننده و پوشش خوراکی نیز استفاده می‌شود. پکتین در محصولات مختلف مانند ژله‌ها و مرباها،

محصولات نانویی، محصولات لبنی، داروها، نوشیدنی‌های شیری و به عنوان فیبر رژیمی و محصولات قنادی نیز استفاده می‌شود. هم‌چنین از پکتین در داروسازی نیز بهره زیادی برده می‌شود [۴].

استخراج به کمک مایکروویو، ویژگی‌های تخلخل‌مویرگی و ظرفیت جذب آب مواد گیاهی را افزایش داده، که این تغییرات فرصتی برای بهبود عملکرد استخراج مولکول‌های هدف از مواد گیاهی را فراهم می‌سازند [۵]. استفاده از امواج مایکروویو مزایای دیگری نیز مانند زمان فرآیند کوتاه، مصرف حلال کمتر، راندمان تولید بالاتر و کیفیت بهتر محصول تولیدی با صرف هزینه تولید کمتر را به دنبال دارد [۳].

مایکروویو در اصل امواج با طول موج کوتاه و تعداد نوسانات بسیار بالا می‌باشد. برد چنین امواجی کوتاه در حد چند متر بوده، ولی میزان نفوذ آن‌ها نسبتاً بالاست. امواج مایکروویو با طول موج‌هایی بین ۱-۰/۰۰۱ متر و فرکانسی حدود ۳۰۰-۳۰۰۰۰۰ مگاهرتز بخشی از طیف الکترومغناطیس هستند. تمام دستگاه‌های مایکروویو در ۲۴۵۰ مگا هرتز عمل کرده و حرارت داخل ماده غذایی تولید می‌گردد [۶].

در این پژوهش که با هدف استخراج پکتین از پوست خربزه رقم‌های زمستانه و مشهدی (قصری) به روش اسیدی و با استفاده از پیش تیمار مایکروویو انجام گرفته شده، تلاش شده که گامی مهم در جهت جلوگیری از به هدر رفتن ضایعات مواد غذایی برداشته شود. در این رابطه، تاکنون استخراج پکتین از تفاله برخی از میوه‌ها انجام شده است. رضائی و همکاران (۲۰۲۰) در استخراج پکتین از تفاله غوره با استفاده از اسید سیتریک بیان نمودند که پکتین حاصله در شرایط بهینه، دارای درجه استریفیکاسیون بالا و خواص امولسیفایری مطلوبی است [۷]. هم‌چنین در پژوهشی که استخراج پکتین از تفاله شاه‌توت توسط مسیبی و همکاران (۲۰۱۷)، به روش اولتراسوند انجام شد، نتایج نشان داد که

خشک برای انجام آزمایشات بعدی نگهداری شد. از روش Li و همکاران (2012) با کمی تغییر برای استخراج پکتین از پوست خربزه با استفاده از امواج مایکروویو استفاده شد. استخراج پکتین با استفاده از دستگاه مایکروویو (مدل DEVOO) و تحت شرایط مایکروویو (توان ثابت ۹۰۰ وات)، زمان پرتو دهی ۱ و ۳ دقیقه، pH برابر با ۱/۵ (از اسیدسیتریک برای تنظیم pH استفاده شد) و نسبت حلال استخراج (آب مقطر دیونیزه) به ماده اولیه ۱۵:۱ وزنی/حجمی از پوست خربزه انجام شد. پس از طی فرایند استخراج، ذرات معلق و ناخالصی های غیر قابل حل توسط سانتریفیوژ در دور ۱۰۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه جدا شد. جهت جداسازی پکتین از محلول اسیدی، از الکل طبی ۹۶ درصد استفاده شد. الکل به نسبت یک به یک به محلول اسیدی اضافه شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد، نگهداری شد. پس از این مدت پکتین در محلول به صورت ابری درآمد و محلول با استفاده از سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰*g به مدت ۱۵ دقیقه، سانتریفیوژ شد. سپس فاز مایع جداسازی و پکتین استخراج شده پس از دو مرتبه شستشو با الکل ۹۶ درصد (به منظور جداسازی مونو و دی ساکاریدها)، در آن تا رسیدن به وزن ثابت خشک شده و بعد از دسیکاتورگذاری و رسیدن به وزن ثابت، بازده تولید پکتین محاسبه شد [۱۱].

تیمارهای مورد استفاده در جدول (۱) ذکر شده است:

Table 1. Treatments investigated in the research.

Extraction times	Melon varieties
1 minute	Winter melon
	Mashhad (Qasri) melon
3 minutes	Winter melon
	Mashhad (Qasri) melon

پکتین حاصل از تفاله شاه توت دارای درجه استریفیکاسیون کم تا متوسط است [۸]. حسینی و همکاران (۲۰۱۵) نیز از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به کمک امواج مایکروویو به استخراج پکتین پرداختند و گزارش نمودند که پکتین حاصل از هر سه محصول دارای بازدهی و درجه خلوص مطلوبی بوده و از هر سه محصول ضایعاتی می توان به عنوان منبع پکتین استفاده نمود [۹]. زافییس و اورئوپولو (۱۹۹۲) هم در استخراج پکتین از تفاله پرتقال توسط اسید نیتریک، درصد گالاتورونیک اسید آن را ۶۸/۵ تا ۷۵ درصد گزارش دادند [۱۰]. بنابراین استفاده از ضایعات و تفاله میوه ها برای تولید پکتین، علاوه بر تولید یک فراورده با ارزش از محصولات جانبی کارخانه های تولید آبمیوه، سبب کاهش مشکلات مربوط به دفع ضایعات نیز می شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

ابتدا خربزه رقم های زمستانه و مشهدی (قصری)، از فروشگاه های معتبر در سطح شهر نیشابور، استان خراسان رضوی تهیه شد. سپس مواد شیمیایی مانند اسید سیتریک، سدیم هیدروکسید، هیدروکلریک اسید، معرف فنل فتالین، سولفوریک اسید، اتانول، سدیم تترابورات، و سدیم آزید از شرکت مرک (Merck) آلمان و معرف متاهیدروکسی دی فنیل و دی گالاتورونیک اسید از شرکت سیگمای آلمان خریداری شد. روغن اویلا نیز از شرکت اویلا ایران فراهم شد.

۲-۲- استخراج پکتین از پوست خربزه

پوست میوه از محل چسبیده به گوشت آن، جدا شده و پس از شستشو با آب و برش، روی سینی هایی از جنس استیل ضدزنگ در آن تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. سپس پوست خشک شده، آسیاب و توسط مش شماره ۶۰ الک شد. پودر تهیه شده در کیسه های سیاه پلی اتیلنی و در محیط

افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با یکدیگر نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال آلفا برابر با ۰/۰۵ با همین نرم افزار انجام شد. همچنین برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Microsoft Excel استفاده گردید [۱۰].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج پکتین

شکل (۱) اثر تیمار رقم خربزه بر میزان راندمان استخراج رانشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین راندمان استخراج مربوط به خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) برابر با مقدار ۱۳/۵ درصد می‌باشد و کمترین راندمان استخراج مربوط به خربزه زمستانه در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۱ دقیقه) است که برابر با مقدار ۱۲/۳ درصد است. نتایج نشان داد که با افزایش زمان از ۱ دقیقه به ۳ دقیقه، در هر دو رقم خربزه، راندمان استخراج افزایش یافته است. زمان پرتودهی یکی از فاکتورهای مهم و موثر بر راندمان استخراج پکتین می‌باشد. افزایش زمان پرتودهی تأثیر مثبت روی راندمان استخراج می‌گذارد. این نتیجه که توسط بسیاری از محققین تایید شده است، ممکن است مربوط به افزایش نفوذ حلال به داخل ماتریکس ماده جامد در اثر افزایش زمان و در نتیجه ایجاد فرصت کافی برای حل شدن پکتین در حلال استخراج باشد [۱۶].

هموژنایزر ۱۰۰۰۰g به مدت ۴ دقیقه در دمای اتاق هموژن شد. سپس نمونه‌ها در سانتریفیوژ ۴۰۰۰g دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. بعد از سانتریفیوژ با استفاده از محاسبه نسبت حجم لایه امولسیون باقی‌مانده تقسیم بر حجم لایه امولسیون اولیه ضربدر ۱۰۰، فعالیت امولسیونی محاسبه شد [۱۴].

۶-۳-۲- تعیین ظرفیت نگهداری آب

به این منظور از روش Betancur-Ancona و همکاران (۲۰۰۴) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب، یک گرم از پکتین در داخل یک لوله آزمایش ۱۵ میلی لیتری توزین و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر دیونیزه به آن افزوده شد. سپس، مخلوط با شدت بالا به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. در مرحله ی بعد، مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه و در دور ۲۳۰۰*g سانتریفیوژ شد. در گام بعدی، مایع بالایی دور ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه لوله آزمایش به صورت وارونه روی کاغذ صافی قرار گرفت تا آب اضافی و باند نشده آن به طور کامل خارج گردد. محتویات باقی‌مانده را وزن کرده و از وزن اولیه لوله آزمایش و وزن اولیه پکتین (۱ گرم) کسر شد و عدد باقیمانده به عنوان وزن مقدار آب جذب شده توسط یک گرم پکتین ثبت شد [۱۵].

۷-۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی نتایج، از طرح آماری فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. اطلاعات با استفاده از نرم

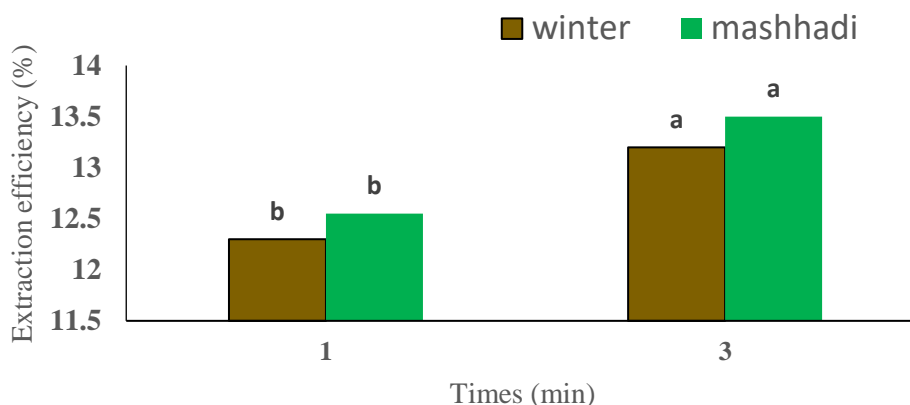


Fig 1. The effect of melon variety treatment on pectin extraction efficiency

حاصل از پوست هندوانه (به عنوان عضو دیگری از خانواده کدویان) می‌باشد، زیرا نتایج حاصل از پژوهش Maran و همکاران (۲۰۱۴) که پکتین را از پوست هندوانه با استفاده از امواج میکروویو استخراج کردند، نشان می‌دهد که بازده استخراج پکتین از این محصول در شرایط استخراج توان میکروویو ۴۷۷ وات، زمان پرتودهی ۱۲۸ ثانیه، نسبت مایع به جامد ۲۰/۳ وزنی/حجمی و pH برابر با ۱/۵۲ در حدود ۲۵/۵۳ درصد می‌باشد [۱۹].

۲-۳- محتوای گالاکتورونیک اسید

شکل (۲) اثر تیمار رقم خربزه بر میزان اسید گالاکتورونیک را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین محتوای اسید گالاکتورونیک مربوط به خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) برابر با مقدار ۷۲/۳ درصد می‌باشد و کمترین میزان اسید گالاکتورونیک مربوط به خربزه زمستانه در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۱ دقیقه) برابر با مقدار ۶۸/۱ درصد می‌باشد.

علت افزایش بازدهی با افزایش زمان استخراج می‌تواند به دلیل افزایش زمان مورد نیاز برای رهایش کامل پکتین به درون محلول اسیدی باشد [۱۷]. هم‌چنین نتایج نشان داد که راندمان استخراج پکتین از پوست خربزه‌ی مشهدی در مقایسه با رقم زمستانه، بیشتر می‌باشد. باقریان و همکاران (۲۰۱۱) به نتایج مشابه در زمینه استخراج پکتین از گریپ فروت و Li و همکاران (۲۰۱۲) نیز به نتایج مشابه در زمینه استخراج پکتین از پالپ چغندر قند دست یافتند [۱۱ و ۱۸]. بهرامی پور و همکاران (۲۰۱۸) هم در استخراج پکتین از غلاف نخودفرنگی به نتایج مشابهی دست یافتند که در آن با افزایش مدت زمان استخراج از ۱ دقیقه به ۴ دقیقه، راندمان استخراج افزایش یافت. به طوری‌که در شرایط بهینه (توان ۶۰۰ وات، زمان ۴ دقیقه و pH برابر با ۱/۰)، راندمان استخراج در حدود ۱۷/۱ پیش بینی شد [۳].

با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با تحقیقات دیگر می‌توان بیان داشت که راندمان تولید پکتین حاصل از پوست خربزه زمستانه و مشهدی، به طور معنی داری کمتر از پکتین

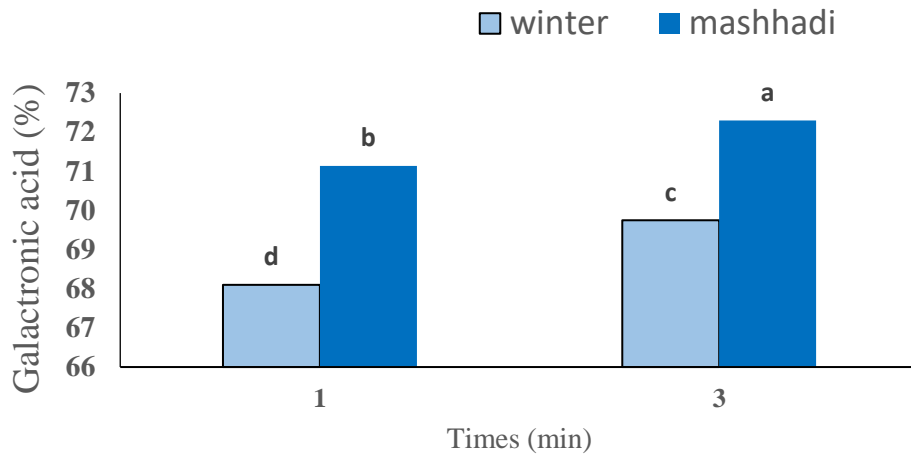


Fig 2. The effect of melon variety treatment on the amount of galacturonic acid.

میزان بالای گالاکتورونیک اسید توصیف می‌شوند و با توجه به نظر سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و اتحادیه اروپا (EU)، پکتین باید حداقل ۶۵ درصد گالاکتورونیک اسید داشته باشد [۲۱].

با بررسی نتایج حاصل از محتوای اسید گالاکتورونیک میتوان بیان داشت که درصد اسید گالاکتورونیک تمام پکتین‌های استخراج شده از پوست خربزه زمستانه و مشهدی، بالاتر از ۶۵ درصد بوده، بنابراین پکتین‌های حاصل با اساسنامه سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO) و اتحادیه اروپا (EU) مطابقت دارند. هم‌چنین با مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با منابع تجاری پکتین می‌توان بیان داشت که محتوای گالاکتورونیک اسید پکتین استخراج شده از تیمارهای خربزه زمستانه و مشهدی تقریباً مشابه با تفاله چغندر قند (۷۷/۸ - ۶۰/۲ درصد) و سیب (حدود ۷۳/۸ درصد) بوده است [۲۲].

حسینی و همکاران (۲۰۱۵)، نیز در استخراج پکتین از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به کمک امواج مایکروویو نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. بر اساس نتایج این پژوهش، محتوای گالاکتورونیک اسید پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به ترتیب ۶۶/۵۳، ۷۵/۰۷ و ۶۹/۸۹ درصد بدست آمد که همگی دارای بیش از ۶۵ درصد گالاکتورونیک اسید بودند [۹].

طبق نتایج در هر دو رقم خربزه زمستانه و مشهدی، با افزایش مدت زمان استخراج، میزان اسید گالاکتورونیک افزایش یافته است. در واقع علت اینکه با افزایش زمان، محتوای گالاکتورونیک اسید استخراجی پکتین بیشتر می‌شود، مربوط به جدا شدن ترکیبات غیر پکتینی است، چرا که سایر پلی ساکاریدهای دیواره سلولی مثل سلولز، همی سلولز، آرابان، گالاکتان‌ها هم استخراج می‌شوند. علت دیگر افزایش محتوای گالاکتورونیک اسید استخراجی پکتین با گذشت زمان، افزایش هیدرولیز زنجیره‌های جانبی قندهای خشی متعلق به ساختار پکتین است. این زنجیره‌های جانبی که جزئی از ساختار پکتین است و با پیوند کووالانسی به بخش زنجیره خطی آن متصل شده‌اند، در ناحیه رامنوگالاکتورونان عمدتاً از آرابینان و گالاکتان تشکیل شده است و به ناحیه رامنوگالاکتورونان ۲ نیز ۴ زنجیره جانبی با ۱۱ نوع قند مختلف از جمله آپیوز استخلاف شده است. با افزایش زمان استخراج این زنجیره‌های جانبی بیشتر جدا می‌شوند [۸].

ناظمی (۲۰۲۰)، در استخراج پکتین از برگ گیاه آلوئه‌ورا به نتایج مشابهی دست یافت. فاکتورهای مختلفی روی محتوای گالاکتورونیک اسید مؤثر هستند که از مهم‌ترین آن می‌توان به منبع پکتین و شرایط استخراج اشاره کرد. در شرایط استخراج به روش متداول (دما، زمان و pH)، در pH های پایین، دماهای بالا و زمان‌های طولانی، درصد گالاکتورونیک اسید بیشتری حاصل می‌شود [۲۰]. پکتین‌ها همگی توسط

استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۱ دقیقه) و کمترین میزان درجه استریفیکاسیون مربوط به خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) می‌باشد که علت کاهش درجه استریفیکاسیون در اثر افزایش مدت زمان استخراج، به دلیل جدا شدن استر-*de* (esterification) از زنجیره‌های گالاکتورونیک اسید می‌باشد [۲۳].

۳-۳- درجه استریفیکاسیون

شکل (۳) اثر تیمار رقم خربزه بر میزان درجه استریفیکاسیون را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش مدت زمان استخراج در هر دو رقم خربزه، درجه استریفیکاسیون کاهش یافته است. بیشترین درجه استریفیکاسیون مربوط به خربزه زمستانه در شرایط

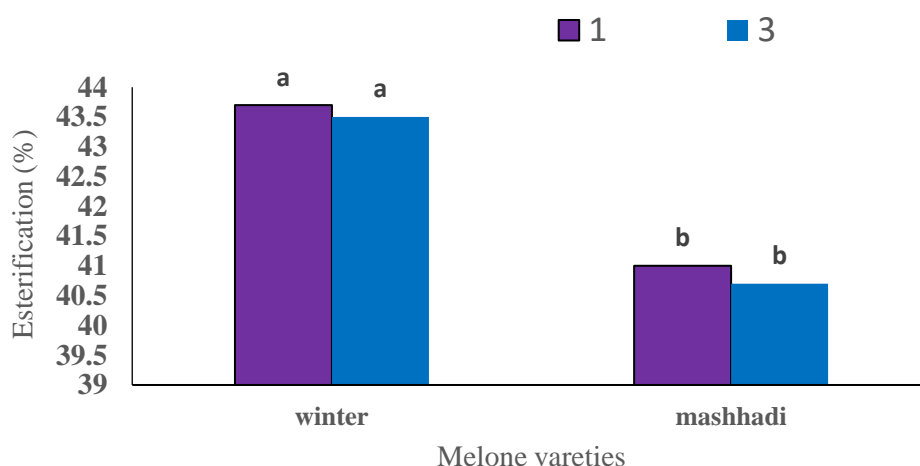


Fig 3. The effect of melon variety treatment on the degree of esterification.

کم استر قرار گرفت که می‌توان از آن در محصولات کم کالری مانند ژله‌های رژیمی، مربا کم کالری و محصولات شیری ژله‌ای استفاده نمود [۲۵]. اماگا و همکاران (۲۰۰۸)، نیز در استخراج پکتین از پوست موز به این نتیجه رسیدند که علاوه بر تاثیر pH و دما، افزایش زمان استخراج نیز میزان متوکسیل پکتین را کاهش می‌دهد [۲۶].

در تحقیقی دیگر Liu و همکاران (۲۰۱۰) که به بررسی درجه استریفیکاسیون پکتین حاصل از پوست شاخه توت (به عنوان یک منبع غیر تجاری پکتین) پرداختند، گزارش کردند که پکتین حاصل از پوست شاخه توت با اپیدرم دارای درجه استریفیکاسیون کمتر از ۵۰ درصد بوده (حدود ۲۴/۲۷ درصد) و مشابه نتایج بدست آمده از پوست خربزه زمستانه و مشهدی، در گروه پکتین‌های با درجه استری پایین طبقه بندی می‌شود [۲۷].

درجه استریفیکاسیون از مهم‌ترین پارامترهای تعیین کننده کاربرد پکتین است. پکتین‌ها به دو دسته کم استر با درجه استری شدن کمتر از ۵۰ درصد و پر استر با درجه استری بالا تقسیم می‌شوند [۲۴]. نتایج نشان داد که درجات استریفیکاسیون پکتین‌های حاصل از تیمارهای پوست خربزه زمستانه و مشهدی، کمتر از ۵۰ درصد است و این تیمارها، جزو گروه پکتین‌های با درجه استری پایین طبقه بندی می‌شوند. لذا این پکتین‌ها، بدون حضور شکر و یا در حضور مقدار جزئی شکر و در محدوده وسیعی از pH (۲ تا ۶) ایجاد ژل می‌کنند، اما حضور یون‌های دو ظرفیتی، مثل کلسیم برای این منظور، ضروری است. حبیب پور و همکاران (۲۰۲۱)، نیز در استخراج پکتین از غلاف باقلا به نتایج مشابهی رسیدند که با افزایش مدت زمان استخراج، درجه استریفیکاسیون کاهش یافته است و پکتین غلاف باقلا طبق نتایج در دسته

معادل مربوط به پکتین حاصل از خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) با مقدار ۸۹۰ میلی گرم می باشد و کمترین وزن معادل مربوط به پکتین خربزه زمستانه در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۱ دقیقه) با مقدار ۸۳۰ میلی گرم می باشد.

۳-۴- وزن معادل

شکل (۴) اثر تیمار رقم خربزه بر میزان وزن معادل دکستروز را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین وزن

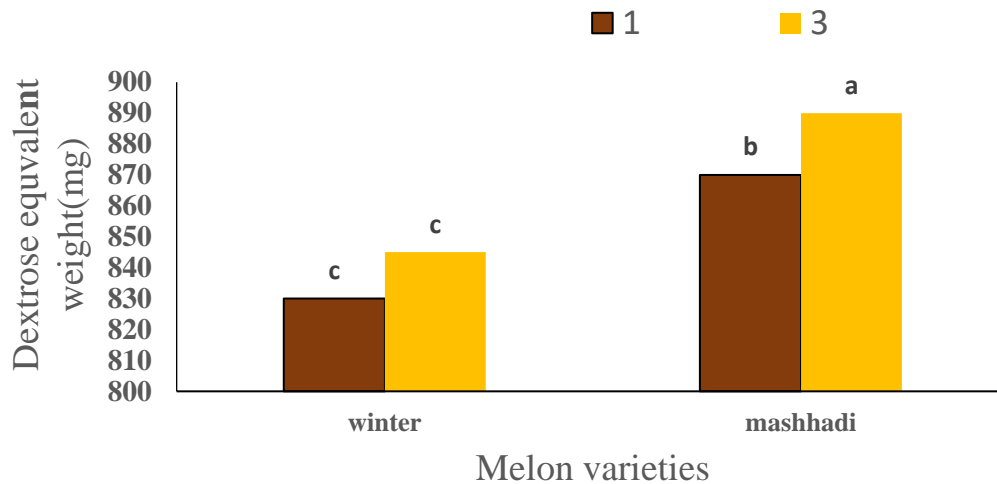


Fig 4. Effect of melon variety treatment on dextrose equivalent weight.

۳-۵- فعالیت امولسیفایری

شکل (۵) اثر تیمار رقم خربزه بر میزان فعالیت امولسیفایری را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین میزان فعالیت امولسیفایری در تیمارهای رقم زمستانه، مربوط به پکتین استخراج شده در مدت زمان ۳ دقیقه بوده که برابر با مقدار ۱۱/۴۸ درصد می باشد. همچنین بیشترین میزان فعالیت امولسیفایری در تیمارهای رقم مشهدی، نیز مربوط به پکتین استخراج شده در مدت زمان ۳ دقیقه می باشد که برابر با مقدار ۱۸/۲۵ درصد بدست آمد.

جمشیدیان و همکاران (۲۰۲۱)، در استخراج پکتین از ضایعات سیب درختی به نتایج مشابهی دست یافتند و وزن معادل دکستروز در این پژوهش ۹۰۹ میلی گرم بدست آمد [۱۳]. Siddiqui و همکاران (۲۰۲۱) نیز در استخراج پکتین از پوست آهک شیرین به نتایج مشابهی رسیدند و وزن معادل دکستروز را ۷۴۰/۳ میلی گرم اعلام نمودند [۲۸]. جیبون کومار و همکاران (۲۰۲۲)، نیز در استخراج پکتین از پوست انبه، نتایج مشابهی را گزارش نمودند که در این پژوهش، وزن معادل از مقدار ۴۵۰/۴۵ تا ۱۳۲۴/۲۴ میلی گرم، متغیر بود [۲۹].

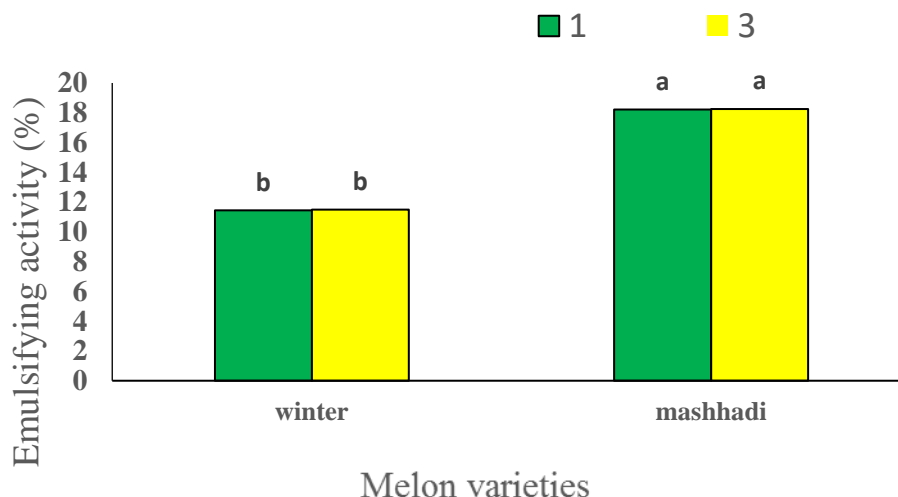


Fig 5. The effect of melon variety treatment on emulsifying activity

بدست آمده، پکتین حاصل از تیمارهای خربزه مشهدی از لحاظ فعالیت امولسیفایری، مشابه طالبی سمسوری می‌باشد [۹]. Hoa و همکاران (۲۰۱۹)، نیز در استخراج پکتین از پوست انبه ویتنامی به نتایج مشابهی رسیدند که در این تحقیق، میزان فعالیت امولسیفایری ۱۱/۸ تا ۳۴/۲ درصد بدست آمد [۳۲].

۳-۶- ظرفیت نگهداری آب

شکل (۶) اثر تیمار رقم خربزه بر ظرفیت نگهداری آب را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به پکتین استخراج شده از خربزه مشهدی در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۳ دقیقه) برابر با مقدار ۷/۰۱ گرم می‌باشد و کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به پکتین استخراج شده از خربزه زمستانه در شرایط استخراج (توان ۹۰۰ وات و مدت زمان ۱ دقیقه) می‌باشد که برابر با مقدار ۴/۸۳ گرم است.

روغن و آب دو مایع غیر قابل اختلاط در یکدیگر می‌باشند، جهت ایجاد یک امولسیون همگن از این دو مایع ترکیبات امولسیفایری بکار می‌رود. اگر کشش بین سطحی میان روغن و آب بالا باشد، یک امولسیون پایدار به دشواری تشکیل می‌شود. امولسیفایرها با کاهش کشش بین سطحی از تجمع و پیوستگی ذرات فاز پراکنده جلوگیری کرده و منجر به افزایش پایداری سیستم امولسیونی می‌گردند [۳۰].

پکتین با جذب در سطح مشترک فازها در اطراف ذره‌های پخش شده، یک پوشش تشکیل داده و منجر به دفع الکترواستاتیک می‌شود و یا از طریق افزایش گرانشی فاز آبی باعث پایداری امولسیون می‌شود. فاکتورهای زیادی در فعالیت امولسیونی پکتین موثر است، وزن مولکولی پایین یکی از مهم‌ترین فاکتورها می‌باشد، این عامل خود نیز تحت تاثیر شرایط استخراج نظیر دما و زمان استخراج می‌باشد [۳۱].

حسینی و همکاران (۲۰۱۵)، در استخراج پکتین از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالبا نتایج مشابهی را گزارش نمودند که در این پژوهش فعالیت امولسیفایری به ترتیب ۸/۱۷، ۱۱/۶۷ و ۳۵/۶۷ درصد بدست آمد. طبق نتایج

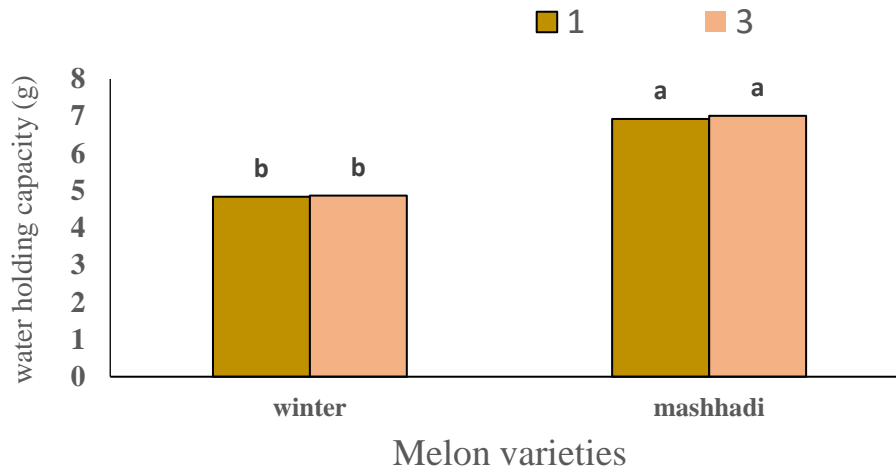


Fig 6. The effect of melon cultivar treatment on water retention capacity.

افزایش یافته است و راندمان استخراج پکتین از پوست خربزه‌ی مشهدی در مقایسه با رقم زمستانه، بیشتر بود. محتوی اسید گالاکتورونیک تمامی تیمارهای استخراج شده از پوست خربزه زمستانه و مشهدی، نیز بالاتر از ۶۵ درصد بود که این موضوع، بیانگر درجه خلوص بالای پکتین‌های استخراج شده می‌باشد.

درجه استریفیکاسیون تمامی تیمارها نیز، کمتر از ۵۰ درصد بدست آمد. بنابراین همه پکتین‌های استخراج شده از رقم‌های زمستانه و مشهدی، در دسته‌ی کم استر، قرار می‌گیرند و می‌توان از آنها برای تولید محصولات با شکر کم مثل ژله‌ها و مرباهای کم کالری و رژیمی استفاده کرد. بیشترین وزن معادل، مربوط به پکتین حاصل از تیمارهای خربزه مشهدی در مدت زمان ۳ و ۱ دقیقه بود که به ترتیب ۸۹۰ و ۸۷۰ میلی‌گرم بدست آمد. در بین تیمارها، بیشترین فعالیت امولسیفایری نیز مربوط به پکتین حاصل از خربزه رقم مشهدی در مدت زمان ۳ دقیقه (۱۸/۲۵ درصد) بود. در مجموع، فعالیت امولسیفایری پکتین‌های حاصل از تیمارهای رقم مشهدی در مقایسه با رقم زمستانه بیشتر بود. هم‌چنین بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به پکتین حاصل از خربزه مشهدی بود که در مدت زمان ۳ دقیقه برابر با مقدار ۷/۰۱ گرم بدست آمد. طبق نتایج، پکتین حاصل از تیمارهای رقم مشهدی نسبت به رقم زمستانه، ظرفیت نگهداری آب

عوامل مختلف بیرونی و درونی مانند مقدار گروه‌های هیدروکسیل آزاد در ساختار شیمیایی، تخلخل پکتین، روش استخراج و pH می‌توانند بر روی ظرفیت نگهداری آب تاثیر بگذارند [۳۳].

در واقع، پکتین با ظرفیت نگهداری آب بالاتر می‌تواند برای حفظ آب و بهبود خواص حسی در سیستم‌های غذایی (مانند ماست) استفاده شود [۷]. اکبری آدرگانی و همکاران (۲۰۲۰)، در استخراج پکتین از پوست انار، به نتایج مشابهی رسیدند که در این تحقیق، ظرفیت نگهداری آب پوست انار به ازای هر گرم از پکتین استخراج شده، ۳/۸۶ گرم بدست آمد [۳۴]. رضائی و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در استخراج پکتین از تفاله غوره با استفاده از اسید سیتریک، نتایج مشابهی را گزارش دادند و میزان ظرفیت نگهداری آب را برابر با 6.7 ± 0.2 (گرم آب/گرم پکتین) اعلام نمودند. طبق این نتیجه، ظرفیت نگهداری آب تفاله غوره مشابه نتیجه بدست آمده از پکتین خربزه مشهدی می‌باشد [۷].

۴- نتیجه‌گیری کلی

طبق نتایج این پژوهش، بیشترین راندمان استخراج مربوط به خربزه مشهدی در مدت زمان ۳ دقیقه برابر با مقدار ۱۳/۵ درصد بدست آمد. بررسی‌ها نشان داد که با افزایش زمان از ۱ دقیقه به ۳ دقیقه، در هر دو رقم خربزه، راندمان استخراج

[10] Zafiris, G.A. and V.Oreopoulou. 1992. The effect of nitric acid extraction variable on orange pectin. *J. Sci. Food Agric.* 60: 127-129.

[11] Li D, Jia X, Wei Z, Liu Z. Box-Behnken experimental design for investigation of microwave-assisted extracted sugar beet pulp pectin. *Carbohydr Polym.* 2012, 88(1): 342-346.

[12] Santos JDG, Espeleta AF, Branco A, de Assis SA. Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydr Polym* 2013; 92(2): 1997–2001.

[13] Jamshidian, H., Rafe, A., Mirza Babaei, S.M. 2021, Optimization of pectin extraction from apple waste by response surface method, *Journal of Food Science and Industry*, 18(117), 207-216. (In Persian).

[14] Darvishi, M., Yazdanpanah, P. 2021, extraction of pectin from pumpkin skin and cap by microwave method, *Journal of Food Science and Industry Research*, 31(1), 177-190. (In Persian).

[15] Betancur-Ancona, D., Peraza-Mercado, G., Moguel-Ordóñez, Y. & Fuertes-Blanco, S. (2004) Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry*, 84(2), 287-295.

[16] Hosseini, S.S., Khodaian, F., Yarmand, M.S. 2015, the effect of acid extraction conditions on the yield and quality characteristics of pectin obtained from orange peel, *Iran Biosystem Engineering Journal*, 47(2), 231-242. (In Persian).

[17] Methacanon, P., Kongsin, J., Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effect of extraction parameters and its properties. *Journal of Food Hydrocolloids*. 35: 383-391.

[18] Bagherian, H., Ashtiani, F.Z., Fouladitajar, A., 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. (In Persian).

[19] Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., Sridhar, R. (2014). Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate Polymers*. 101, 786-791.

[20] Nateghi, L. (2021). Optimization of pectin extraction conditions from aloe vera leaves. *Journal of Food Industry and Nutrition Sciences*, 18(4), 95-115. (In Persian).

بالاتری داشتند. در مجموع تمام پکتین‌های حاصل از این پژوهش می‌توانند جهت حفظ آب در برخی سیستم‌های غذایی مانند ماست، استفاده شوند.

۵- منابع

[1] Esmkhani, R., Mollaebrahimlo, A. 2014, Optimization of pectin extraction from pumpkin using microwaves, *Journal of research in Agricultural Sciences*, 6(23), 139-150. (In Persian).

[2] Naushad, M., Mehrania, M.A., Dehghan, N. 2018, evaluation of physicochemical characteristics of pectin extracted from eggplant waste using ultrasound waves, *Journal of Food Industry Research*, 15(4), 477-484. (In Persian).

[3] Bahramipour, M., Akbari Adergani, B. 2017, Optimization of pectin extraction from pea pods using microwave using response surface method, *Journal of Food Sciences and Industries*, 15(80), 349-360. (In Persian).

[4] Sharma, M.A. 2006, Effect of variety and acid washing method on extraction yield and quality of sun-flower head pectin, *Food chem*, 83(1), 43-47.

[5] Wang, S., Chen, F., Wu, J., Wang, Z., Liao, X., Hu, X. 2007, Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response methodology. *Jorunal of Food Engineering*, 78(2), 693-700.

[6] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A.M., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M. 2022, The effect of Pre-gelatinized corn flour with microwave on texture and sensory properties of gluten-free pan bread, *Journal of Innovation in Food Sciences and Technology*, 14(1), 1-17. (In Persian).

[7] Rezaei, M., Khodaian, F., Mousavi, Z., Hosseini, S.S., Kazemi, M. (2020). Optimization of pectin extraction from unripened grape pomace using citric acid and investigation of its physicochemical properties. *Biosystem Engineering of Iran*, 51(4), 793-804. (In Persian).

[8] Mosayebi, V., Emam-Djomeh, Z. & Tabatabaei Yazdi, F. (2017). Optimization of extraction conditions of pectin by conventional method from black mulberry pomace, *Quarterly Journal of Food Science and Technology*, 62(14), 341-356. (In Persian).

[9] Hosseini, S.S., Khodaian, F., Barazande, S. 2015, extraction and comparison of the physicochemical properties of pectin extracted from pineapple, samsuri, and galia melon peels assisted by microwave, *Iranian Journal of Nutritional Sciences and Food Industries*, 11(4), 71-80. (In Persian).

- [28] Siddiqui, A., Chand, K., Shahi, N. C. (2021). Effect of process parameters on extraction of pectin from sweet lime peels, *Journal of the Institution of Engineers(India)*, 102, 469-478.
- [29] Jibon Kumar. A. S., Ashraful Alam, M., Fatehatun Noor, R. (2022). Effect of extraction parameters on the yield and quality of pectin from mango (*Mangifera indica* L.) peels. 2(28).
- [30] Maa, S., Yu, S., Zheng, J., Wang, X. L., Bao, X., & Guo, Q. D. (2013). Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 98, 750–753.
- [31] Fissore, E. N., Rojas, A. M., Gerschenson, L. N., & Williams, P. A. (2013). Butternut and beetroot pectins: Characterization and functional properties. *Food Hydrocolloids*, 31, 172-182.
- [32] Hoa, H. D., Nguyen Ha, V. H., Nguyen Geoffrey, P. S. (2019). Properties of Pectin Extracted from Vietnamese Mango Peels. *Foods*, 8, 629; doi: 10.3390 / foods8120629.
- [33] Bayar, N., Friji, M. & Kammoun, R. (2018). Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. *Food Chemistry*, 241, 127-134.
- [34] Akbari Adergani, B., Zivari Shayesteh, P., Pourahmad, R. (2021). Evaluation of some functional characteristics of pectin extracted from pomegranate peel by microwave method, *Journal of Food Industry and Nutrition Sciences*. 18(3), 5-17. (In Persian).
- [21] Yapo BM, Robert C, Etienne I, Wathelet B, Paquot M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chem* 2007; 100(4): 1356–1364.
- [22] Wikiera A, Mika M, Starzynska-Janiszewska A, Stodolak B. Development of complete hydrolysis of pectins from apple pomace. *Food Chem* 2015; 172: 675–680.
- [23] Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z. E. & Hosseini, S. S. (2017). Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel. *Carbohydrate Polymers*, 178, 27-33. (In Persian).
- [24] Sharma, B., Naresh, L., Dhuldhoya, N., Merchant, S. & Merchant, U. (2006). An overview on pectins. *Times Food Processing Journal*, 23(2), 44-51.
- [25] Habibpour, P., Ansari, S., Vazirizadeh, A. (2021). Extracting pectin from bean pods using microwave energy and investigating its physicochemical properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(4), 1-22. (In Persian).
- [26] Emaga T H, Ronkart, S N, Robert C, Wathelet B, Paquot M, (2008). Characterization of pectins extracted from banana peels under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry*. 108: 463-471.
- [27] Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, and Yao, J. (2010). Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresour Technology*, 101(9):3268-3273.



Scientific Research

Investigating the extraction of pectin from the melon skin of winter and Mashhad (Qasri) cultivars using microwave pretreatment

Harati Elnaz¹, Pedramnia Ahmad², Vazife Doost Mohsen³

- 1- Master student of Department of Food Science and Industry, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- 2- Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
- 3- Department of Food Science and Industry, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabor, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History: Received:2023/5/17 Accepted:2024/1/22</p> <hr/> <p>Keywords:</p> <p>Pectin extraction</p> <p>melon skin</p> <p>microwave pretreatment</p> <hr/> <p>DOI: 10.22034/FSCT.21.149.40. *Corresponding Author E-Mail: ahmadpedram@yahoo.com</p>	<p>This research was carried out in order to extract valuable and widely used materials in food and pharmaceutical industries from the waste of agricultural products. In this research, with the aim of extracting pectin from the melon skin of winter and Mashhad (Qasri) cultivars, it was carried out by acidic method using microwave pretreatment. Pectin was extracted under microwave conditions (fixed power of 900 watt), irradiation time (1 and 3 minutes) and the ratio of extraction solvent to raw material 15:1 weight / volume and at a constant pH of 1.5. The results showed that the highest extraction efficiency of Mashhad melon in the extraction conditions (power 900 watts and duration 3 minutes) was equal to 13.5% and with the increase of duration from 1 to 3 minutes, the extraction efficiency of pectin in both Melon variety increased. Also, the pectin obtained from all the treatments had a favorable degree of purity (with galacturonic acid content above 65%). Checking the degree of esterification revealed that the pectins obtained from all treatments of winter and Mashhad melons are among pectins with low esterification. The highest equivalent weight was related to the pectin obtained from Mashhad melon in the extraction conditions (power 900 watts and duration 3 minutes), which was equal to 890 mg. The emulsifying activity of pectins obtained from both melon varieties was also low. Also, the amount of water retention capacity of pectins obtained from all treatments of winter and Mashhad melons was at the optimal level and showed that the pectins obtained from this research can be used to preserve water in some food systems. From all of the above, it can be concluded that the melon skin of winter and Mashhad varieties, which is considered as agricultural waste, can be used as a promising source for pectin production.</p>