

## بررسی کیفی و کمی پکتین‌های استخراج شده از ضایعات فرایند تولید کنسانتره آب پرتقال

جواد کرامت، غلامحسین کبیر و بیژن قناعی<sup>۱</sup>

### چکیده

آب میوه و کنسانتره مرکبات از تولیدات مهم صنعتی در کشور است. هم‌زمان با تولید این فراورده‌ها، مقدار زیادی نفاله مرکبات نیز تولید می‌شود، که حاوی مقدار بسیاری پکتین می‌باشد. پکتین را می‌توان از نفاله مرکبات به منظور استفاده در برخی محصولات غذایی به عنوان ژل کننده استخراج کرد. متأسفانه، در حال حاضر تمام پکتین مورد نیاز صنایع غذائی کشور از خارج وارد می‌شود. در این پژوهش بهترین شرایط استخراج پکتین از نفاله مرکبات مشخص شد. نمونه‌های نفاله پرتقال از یک کارخانه تولید کنسانتره تهیه، و پکتین آنها توسط اسید‌های سولفوریک، نیتریک و هیدروکلریک استخراج گردید. بررسی‌های کیفی و کمی، مانند تعیین بازده و هزینه استخراج و جنبه‌های پهاداشتی استفاده از اسیدهای فوق انجام، و هیدروکلریک اسید به عنوان مناسب‌ترین اسید برای استخراج پکتین انتخاب گردید.

در بخش دوم پژوهش، اثر درجه حرارت (۱۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان (۳۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه) و  $pH$  (۱/۶، ۱/۸ و ۲) بر بازده استخراج و توانایی تولید ژل، خلوص، درصد متوكسیلاسیون و درجه استریفیکاسیون پکتین‌های استخراج شده بررسی گردید. تجزیه آماری نتایج نشان داد که  $pH$  برابر ۱/۶، درجه حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد، و زمان ۵۰ دقیقه، بهترین شرایط برای استخراج پکتین از نفاله مرکبات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پکتین، پوست پرتقال، مرکبات

### مقدمه

به کار برد (۱۴). پکتین در بخش بین سلولی (Middle lamella) گیاهان به همراه دیگر ترکیبات همی سلولریک وجود دارد، و از نظر شیمیایی از پلیمرهای D-گالاكتورونیک اسید با اتصالات  $\text{C} \rightarrow \alpha\text{-helix}$  به صورت زنجیره‌ای مارپیچ ( $\alpha$ -helix) تشکیل شده

واژه پکتین را که یک نام ژنریک (از واژه یونانی پنکستوز به معنی لخته) بوده و به طیف گسترده‌ای از مواد پکتیک گفته می‌شود، نخستین بار برآکونات (Braconnat) شیمیدان فرانسوی

۱. به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

معدنی رقیق، عمومی ترین و اقتصادی‌ترین روش مورد استفاده است (۹، ۱۱ و ۱۲). برادک و کراندل (۱۱) با استفاده از اسید نیتریک یک نرمال در حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد و مدت ۶۰ دقیقه، پکتین را با بازده ۴/۱ درصد از تفاله لیموترش (Meyer lemon) استخراج کردند. ارسلان و طغول (۹) توانستند توسط هیدروکلریک اسید، پکتین را با بازده ۲۱/۸ درصد از پوست گریپ‌فروت استخراج کنند. پس از استخراج با اسید، رسوب‌گذاری پکتین و خالص‌سازی آن با استفاده از اتانول انجام می‌شود. لین و همکاران (۱۸) اعلام کردند که افزودن مقادیر کمی هیدروکلریک اسید به رسوب پکتین سبب درختی، موجب خالص‌سازی بهتر پکتین با اتانول می‌گردد. کیم و همکاران (۱۷) حلال‌های متفاوتی را برای استخراج پکتین در حرارت‌های ۷۵ و ۹۵ درجه سانتی‌گراد به کار بردند، و اعلام کردند بیشترین بازده استخراج به ترتیب توسط هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، اگزالات‌آمونیوم و سدیم هگراماتسفات، و در حرارت‌های ۹۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. زافیریس و اورئوپولو (۲۴) پکتین را از تفاله پرتقال توسط اسید نیتریک استخراج کردند، و درصد گالاکتورونیک اسید آن را بین ۶۸/۵ تا ۷۵ درصد گزارش دادند.

در این پژوهش بهترین شرایط استخراج، از نظر بیشترین بازده استخراج و بهترین کیفیت پکتین استخراج شده از نظر قدرت تولید ژل و رنگ مناسب، از تفاله پرتقال یک کارخانه تولید کنسانتره تعیین گردید. شرایط مورد بررسی عبارت بود از تعیین نوع اسید، pH محلول، زمان و دمای استخراج، و نیز نحوه رسوب‌گیری و خالص‌سازی پکتین. سپس درصد خلوص پکتین استخراج شده و قدرت تولید ژل و ویژگی‌های فیزیکی ژل حاصل تعیین گردید.

## مواد و روش‌ها

نمونه‌های تفاله پرتقال از یکی از کارخانه‌های تولید کنسانتره در شمال کشور تهیه، و درصد ماده خشک نمونه‌ها تعیین شد (۱۳). سپس با حرارت دادن در بخار با دمای ۹۵ درجه

است. برخی از گروه‌های کربوکسیل واحدهای گالاکتورونیک اسید ممکن است با مтанول استریفیه شده باشند، که میزان استریفیه بودن را درجه متوكسیلاسیون گویند.

در ایران سالیانه حدود یک صد تن پکتین در صنایع غذایی و دارویی به مصرف می‌رسد، که تماماً از خارج از کشور تأمین می‌گردد، و با توجه به قیمت آن در بازارهای جهانی ارزیبری نسبتاً چشم‌گیری دارد (۱). بنابراین، بررسی تولید آن در داخل کشور می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. پکتین می‌تواند به عنوان یک محصول جانبی، از منابع مختلفی مانند تفاله سبب درختی، تفاله چغندر قند، طبق گل آفتاب‌گردان و تفاله مرکبات استخراج گردد (۱۴ و ۱۶). پکتین تفاله سبب درختی به علت استفاده از آنزیم‌های پکتولیتیک در حین تولید کنسانتره آب سبب، و پکتین چغندر قند به علت وجود گروه‌های استیل، و پکتین طبق گل آفتاب‌گردان به علت درجه متوكسیلاسیون پایین منابع مناسبی نیستند؛ در حالی که پکتین تفاله مرکبات با درجه متوكسیلاسیون بالا و قدرت تولید ژل قوی بهترین منع استخراج پکتین می‌باشد. میزان پکتین بر اساس ماده خشک، در تفاله سبب درختی، تفاله چغندر قند، طبق گل آفتاب‌گردان و تفاله مرکبات به ترتیب ۱۵-۲۰-۲۵ و ۳۰-۴۰ درصد است (۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶).

ایران با تولید ۳/۵ میلیون تن انواع مرکبات، ششمین تولید کننده مرکبات در جهان است. از این میزان، ۳/۴ میلیون تن به صورت تازه مصرف شده، حدود ۱۰۰ هزار تن به کارخانه‌های کنسانتره و آب میوه تحويل می‌گردد، و حدود ۵۰ هزار تن تفاله مرکبات تولید می‌شود. حدود ۱۰ درصد از تفاله تولیدی پس از خشک شدن به مصرف خوارک دام رسیده و بقیه از بین می‌رود؛ در حالی که می‌توان با استخراج پکتین از آن (حدود ۱۳۰۰ تن پکتین) نیاز کشور را به واردات پکتین مرتفع ساخت (۳، ۶، ۵ و ۲۱).

روش‌های استخراج پکتین از تفاله مرکبات عبارت‌اند از: تعویض یونی، آنزیمی، بیوتکنولوژی و شیمیایی مانند استفاده از محلول‌های قلیایی یا اسیدی رقیق. روش استفاده از اسیدهای

### بررسی ویژگی های پکتین استخراج شده

در صد رطوبت و خاکستر نمونه های پکتین استخراج شده اندازه گیری شد (۷ و ۱۳). هم چنین، در صد گالاکتورونیک اسید نمونه های پکتین به منظور تعیین میزان خلوص، اندازه گیری گردید. محلول D - گالاکتورونیک اسید استاندارد ساخت شرکت مرک آلمان تهیه، و پس از افزودن یک میلی لیتر هیدروکسید سدیم ۰.۲ به یک میلی لیتر آن، در حمام آب و یخ قرار داده شد. سپس شش میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن افزوده، سرد شد، و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. مخلوط حاصل دوباره سرد شد، و پس از افزودن محلول معرف ۳ و ۵ دی متیل فنل، طیف جذبی توسط دستگاه اسپکترو فوتومتر جفت فام کامسپک (Comspec) ساخت آمریکا تهیه، و طول موج ۴۵۰ نانومتر به عنوان طول موج ماکریم جذب، تعیین شد. سپس، ضمن تهیه منحنی استاندارد با غلاظت های مختلف D - گالاکتورونیک اسید استاندارد، مقدار گالاکتورونیک اسید نمونه های پکتین استخراج شده مانند فوق اندازه گیری گردید.

یکی از مهم ترین ویژگی های پکتین، درجه استریفیکاسیون آن است. به منظور تعیین درجه استریفیکاسیون نمونه های پکتین استخراج شده، گروه های کربوکسیل پیش و پس از هیدرولیز، با یک محلول هیدروکسید سدیم استاندارد تیتر شد و مطابق ذیل محاسبه گردید (۱۹).

= درصد متوكسیل

$$31 \times \text{میلی لیتر هیدروکسید سدیم مصرفی}$$

$$\times 100 = \text{گرم وزن نمونه}$$

= درجه استریفیکاسیون

گروه های کربوکسیل استریفیه شده

$$\times 100$$

کل گروه های کربوکسیل

قدرت ژل کنندگی یکی دیگر از ویژگی های مهم پکتین است. برای تعیین قدرت ژل کنندگی نمونه های پکتین استخراج شده، نخست به طریق زیر از آنها ژل تهیه شد: مقدار یک گرم از نمونه پکتین با ۱۰ گرم شکر مخلوط، و پس از افزودن ۴۵

سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه در توبل اگزاست، آنزیم بری انجام شد تا آنزیم های پکتولیتیک خشی گردند. پس از آنزیم بری، نمونه ها بالا فاصله سرد شده و با خرد کن به قطعات کوچک خرد شدند. به منظور حذف قند های محلول، پکتین محلول و بخش عمده های از رنگ دانه ها، نمونه های خرد شده در پارچه ململ ریخته شد و تحت جریان آب با دمای ۴۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از جدا کردن آب اضافی، به صورت لایه های نازک در آون مجهز به جریان هوای گرم (۵۰ درجه سانتی گراد) هرائوس (Heraeus) ساخت کشور سویس خشک گردید. برای افزایش بازده استخراج، نمونه های خشک شده با آسیاب برقی رتش (Retsch) ساخت آلمان آسیاب شد تا به صورت پودر درآید (۲۴ و ۱۹). پودر نمونه ها در سرده خانه ۲۱- درجه سانتی گراد نگه داشته شد.

استخراج پکتین از پودر نمونه ها بدین نحو انجام شد که به ازای هر گرم نمونه، ۲۵ میلی لیتر محلول اسید رقیق به کار رفت، و در حمام آب گرم (Memert) ساخت سویس در دستگاه همزن به سرعت هم زده و با پارچه صاف شد. رسوب روی پارچه به طریق فوق چندین بار استخراج، و سرانجام دور ریخته شد، و روی عصاره حاصل عملیات رسوب گیری انجام گردید. پیش از رسوب گیری، عصاره به مدت ۳۰ دقیقه در سانتریفوژر زیگما (ساخت آلمان) با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژر، ذرات ریز معلق جداسازی، و کدورت عصاره برطرف شد (۱۹). برای رسوب گیری، از اتانول ۹۶ درجه و به نسبت ۱/۵ برابر حجم عصاره استفاده شد. پس از افزودن اتانول، مخلوط به مدت یک شب در دمای اتاق نگه داشته شد و سپس پکتین رسوب کرده با پارچه صاف گردید.

پکتین در طی سه مرحله شستشو با الکل های به ترتیب ۹۶ و ۹۶ درجه خالص سازی شد. پکتین حاصل با استون شسته شد تا رنگ آن کاهش یابد. پکتین رنگ بری شده در آون با سیستم خلا هرائوس در فشار ۲۵۰ میلی متر جیوه در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد خشک شد، و برای محاسبه بازده استخراج، توزین گردید.

### جدول ۱. بازده استخراج پکتین با اسیدهای مختلف

نوع اسید	درصد پکتین استخراج شده
سولفوریک	۱۸/۲۰
هیدروکلریک	۱۸/۱۶
نیتریک	۱۸/۲۶

برابر ۱۵/۰۳ درصد به دست آمد.

به منظور تعیین مناسب‌ترین نوع اسید معدنی، بازده استخراج پکتین از تفاله پرتقال با استفاده از اسیدهای سولفوریک، هیدروکلریک و نیتریک در شرایط یکسان (pH ۱/۸، دمای ۹۰ درجه سانتی گراد و زمان ۶۰ دقیقه) محاسبه، و نتایج میانگین سه تکرار در جدول ۱ ارائه شد، که در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد.

ویژگی دیگر، رنگ پکتین‌های استخراج شده توسط اسیدهای فوق است. رنگ پکتین‌های استخراج شده توسط اسیدهای سولفوریک و هیدروکلریک، برابر گزارش اسل (۲۰) به صورت زرد کمرنگ و روشن بوده، در حالی که پکتین استخراج شده با اسید نیتریک، به رنگ زرد تیره مایل به قهوه‌ای بود، ولی شستشوی آن با استن این تفاوت را از میان برداشت. بنابراین، از نظر رنگ نیز تفاوتی بین سه اسید مذکور در استخراج پکتین دیده نشد.

از نظر اقتصادی نیز این سه اسید به صورت تجاری با قیمت‌های تقریباً یکسان عرضه می‌گردد. ولی از نظر بهداشتی و سلامتی، مصرف نیتریک اسید می‌تواند در پکتین استخراج شده یون نیترات باقی گذارد، که در سیستم گوارشی انسان ممکن است به نیتریت تبدیل شده و تولید نیتروزآمین و نیتروزآمید کند، که از ترکیبات جهش‌زا شناخته شده است. بنابراین، این اسید مناسب تشخیص داده نشد (۴). سولفوریک اسید گرچه مضرات کمتری نسبت به نیترات دارد، ولی به طور کلی یون‌های گوگردی می‌توانند ایجاد آلرژی و عوارض آسمی (تنگی نفس) کنند، در حالی که یون کلر باقی مانده از هیدروکلریک اسید مضرات کمتری داشته و در حین فرایند بر

میلی‌لیتر آب، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول سیتریک اسید و یک میلی‌لیتر محلول سیترات سدیم به خوبی با آن مخلوط گردید، و تا دمای جوش به مدت ۳۰ ثانیه حرارت داده شد. سپس تا رسیدن به وزن ۱۰۰ گرم، شکر اضافه شد، و مقدار دو میلی‌لیتر استیک اسید و یک میلی‌لیتر سیترات سدیم افزوده، و به مدت ۱۸ ساعت در دمای حدود چهار درجه سانتی گراد نگهداری گردید. با استفاده از یک نمونه پکتین تجاری به عنوان شاهد، برابر روش فوق ژل تهیه شد (۱۹). استحکام و پایداری ژل‌های حاصل در دستگاه اینستران (Instron) مدل ۱۱۴۰ ساخت انگلستان اندازه‌گیری گردید. برای این اندازه‌گیری، نخست یک پروب به قطر یک اینچ و سطح مقطع ۷۶/۰ سانتی‌متر مریع تهیه، و به دستگاه اینستران وصل شد. سرعت ثبات دستگاه سه میلی‌متر در ثانیه، و سرعت حرکت پروب یک میلی‌متر در ثانیه تنظیم گردید. مقدار پایداری ژل در برابر نیروی لازم برای نفوذ پروب به میزان چهار میلی‌متر به درون ژل، از طریق رسم کردار توسط ثبات دستگاه اندازه‌گیری شد (۲۲).

تجزیه آماری نتایج با استفاده از طرح فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور، که عبارت بودند از pH استخراج در سه سطح، دمای استخراج در دو سطح، و مدت استخراج در سه سطح، انجام گردید. آثار فاکتورهای مذکور بر بازده استخراج، میزان خلوص، درجه استریفیکاسیون و قدرت ژل کنندگی پکتین استخراج شده بررسی گردید. مدل طرح آماری استفاده شده برای تجزیه واریانس به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \Sigma_{ijk}$$

در این مدل  $Y_{ijk}$  مقدار مشاهده شده،  $i$  میانگین،  $j$  و  $k$  به ترتیب اثر فاکتورهای اول، دوم و سوم،  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  اثر متقابل دو فاکتور،  $\alpha\beta$  و  $\alpha\gamma$  اثر متقابل سه فاکتور،  $\alpha\beta\gamma$  اثر خطای آزمایش می‌باشد (۲۴).

### نتایج و بحث

مقدار ماده خشک نمونه تفاله تهیه شده از کارخانه تولید کنسانتره پرتقال در سه تکرار اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج

با توجه به تأثیر متقابل عوامل مورد بررسی، بالاترین درصد گالاكتورونیک اسید (۷۷ درصد) در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد، pH برابر ۱/۸، و زمان استخراج ۵۰ دقیقه به دست آمد.

درجه استریفیکاسیون یکی از ویژگی های مهم کیفی پکتین از نظر موارد استفاده در صنایع غذایی و شرایط تولید ژل توسط پکتین است. جدول ۵ تأثیر pH، دما و زمان استخراج را بر درجه استریفیکاسیون (درصد گروه های متوكسیل) نشان می دهد. نتایج تجزیه آماری گردید، و میانگین سه تکرار در جدول ۵ ارائه شد.

تأثیر متقابل عوامل مورد بررسی، پس از تجزیه آماری نشان داد که بالاترین درجه استریفیکاسیون پکتین ۸۰/۸ درصد، در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد، pH برابر ۱/۸ و زمان استخراج ۵۰ دقیقه است.

قدرت ژل حاصل از پکتین استخراج شده تحت شرایط استاندارد، در مقایسه با پکتین تجاری بررسی گردید، و تأثیر pH، دما و زمان بر این ویژگی کیفی پکتین سنجیده شد. نتایج تجزیه آماری شده، میانگین داده ها در جدول ۶ ارائه شد. قوی ترین ژل، که بیشترین نیروی دستگاه (۱۰۵ گرم) را نیاز داشت، در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد، pH برابر ۱/۶ و زمان استخراج ۵۰ دقیقه به دست آمد.

بنابراین، بهترین زمان استخراج ۵۰ دقیقه، بهترین دمای استخراج ۹۰ درجه سانتی گراد (۸۵ درجه سانتی گراد در مورد قوی ترین ژل)، و بهترین pH برابر ۱/۶ برای بیشترین بازده استخراج و قوی ترین ژل، و pH برابر ۱/۸ برای استخراج خالص ترین پکتین با بالاترین درجه استریفیکاسیون تعیین شد. جدول ۷ خلاصه ای از کل نتایج و تأثیر pH، دما و زمان استخراج را نشان داد.

با توجه به نیاز کشور به پکتین و تولید مقدار زیادی تفاله مركبات توسط کارخانه های تولید کننده آب و کنسانتره مركبات، پیشنهاد می گردد از نتایج حاصل از این پژوهش، که در حد آزمایشگاهی انجام شد، در تولید نیمه صنعتی و صنعتی پکتین از تفاله مركبات استفاده شده، و صنعت تولید پکتین در کشور

اثر حرارت، تبخیر و خارج می گردد (۲۳). بنابراین، در این آزمایش از هیدروکلریک اسید استفاده شد.

پروتوپکتین موجود در تفاله توسط محلول اسیدی، به صورت عصاره پکتین محلول استخراج می شود، و فرایند تولید پکتین بر اساس رسوب دادن پکتین به صورت جامد می باشد، و مواد تلح موجود در عصاره مایع پکتین تفاله پر تقال، حذف می گردد (۱۶).

انتخاب نوع حلال مصرفی در مرحله رسوب گیری پکتین نیز حائز اهمیت است. اثانل، ایزوپروپیل الکل و استن از جمله حلال هایی هستند که برای این منظور استفاده می گردند. ایزوپروپیل از دو حلال دیگر گران تر بوده، ولی بازده استخراج پکتین توسط آن از دو حلال دیگر کمتر است. در حالی که بازده استخراج پکتین با استفاده از استن بیش از دو حلال دیگر است. به علت سمیت استن، در این آزمایش از اثانل استفاده شد (۲۳).

میزان رطوبت و خاکستر پکتین استخراج شده در سه تکرار به طور میانگین به ترتیب ۱۰/۲ و ۹ درصد به دست آمد. پس از انتخاب هیدروکلریک اسید به عنوان اسید، و اثانل به عنوان حلال رسوب گذار، شرایط مختلف استخراج شامل pH، دما و زمان بررسی شد. میانگین نتایج سه تکرار در جدول ۲ ارائه، و نتایج حاصل تجزیه آماری گردید (جدول ۳).

هر یک از عوامل تأثیر مستقل، و نیز تأثیر متقابله نسبت به دیگر عوامل بر بازده استخراج دارد. تجزیه آماری نشان داد که اگر چه افزایش دما موجب افزایش بازده می شود، ولی در بعضی از شرایط موجب کاهش بازده می گردد. این اثر در مورد عوامل دیگر نیز ملاحظه گردید. بنابراین، بیشترین بازده استخراج ۲۲ درصد، در شرایط حرارت ۹۰ درجه سانتی گراد، pH برابر ۱/۶، و زمان استخراج ۵۰ دقیقه به دست آمد. تأثیر عوامل فوق بر خواص کیفی پکتین استخراج شده نیز بررسی گردید.

جدول ۴ تأثیر این عوامل را بر درصد گالاكتورونیک اسید پکتین استخراج شده، که نشان دهنده میزان خلوص آن می باشد، نشان می دهد. داده های ارائه شده میانگین نتایج سه تکرار بوده، که از نظر آماری نیز تجزیه شده است.

جدول ۲. بررسی اثر pH، دما و زمان بر بازده استخراج پکتین

۹۰			۸۵			دما (درجه سانتي گراد)	
۶۰	۵۰	۴۰	۶۰	۵۰	۴۰	زمان (دققه)	pH
۱۷/۷	۱۷/۹	۱۵/۵	۱۵/۷	۱۴/۱	۱۰/۳		۲/۰
۱۸/۵	۱۹/۱	۱۶/۹	۱۶/۳	۱۴/۶	۱۳/۱		۱/۸
۲۰/۷	۲۲/۰	۱۹/۷	۲۱/۲	۱۷/۹	۱۶/۴		۱/۶

جدول ۳. جدول ANOVA برای بازده استخراج پکتین مركبات

F	MS	SS	Df	منابع تغيير
۱۰۲/۰**	۱۰۷/۴۲۵	۲۱۴/۸۵	۲	pH
۱۱۰/۳**	۱۱۵/۵۷	۱۱۵/۵۷	۱	دما
۳۸/۲**	۴۰/۰۳	۸۰/۰۵	۲	زمان
۱/۵۷	۱/۶۴	۳/۲۸	۲	pH × دما
۰/۴	۰/۴۵۲۵	۱/۸۱	۴	زمان × pH
۱۳**	۱۳/۶۲۵	۲۷/۲۵	۲	دما × زمان
۱/۷۹	۱/۸۷۲	۷/۴۹	۴	دما × زمان × pH
	۱۰/۴۸	۳۷/۷۲۶	۳۶	خطا
	۴۸۸/۰۲۱۴	۵۳		كل

جدول ۴. بررسی اثر pH، دما و زمان بر درصد گالاكتورونیک اسید پکتین استخراج شده

۹۰			۸۵			دما (درجه سانتي گراد)	
۶۰	۵۰	۴۰	۶۰	۵۰	۴۰	زمان (دققه)	pH
۷۸	۸۰	۸۳	۸۰	۸۲	۸۰		۲/۰
۷۴	۷۷	۷۵	۸۰	۷۸	۷۷		۱/۸
۷۲	۷۶	۷۵	۷۶	۷۶	۷۹		۱/۶

جدول ۵. بررسی اثر pH، دما و زمان بر درجه استریفیکاسیون (درصد متوكسیل) پکتین استخراج شده

۹۰			۸۵			دما (درجه سانتي گراد)	
۶۰	۵۰	۴۰	۶۰	۵۰	۴۰	زمان (دققه)	pH
۶۰/۵	۷۹/۰	۸۰/۳	۷۷/۹	۸۴/۵	۸۱/۵		۲/۰
۵۶/۹	۸۰/۸	۷۱/۶	۷۹/۲	۷۰/۵	۸۰/۲		۱/۸
۵۴/۵	۷۹/۲	۷۳/۵	۷۹/۸	۷۲/۳	۷۴/۱		۱/۶

جدول ۶. بررسی اثر pH، دما و زمان بر قدرت ژل حاصل از پکتین استخراج شده (گرم نیروی لازم برای فرو رفتن پربوی دستگاه در ژل)

۹۰			۸۵			دما (درجه سانتي گراد)	
۶۰	۵۰	۴۰	۶۰	۵۰	۴۰	زمان (دقيقه)	pH
۷۰	۹۷	۹۰	۱۱۰	۱۰۵	۱۲۰		۲/۰
۶۰	۸۰	۸۵	۹۵	۹۰	۱۱۰		۱/۸
۵۵	۸۵	۹۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۵		۱/۶

جدول ۷. بررسی اثر pH، دما و زمان استخراج و خواص کیفی پکتین استخراج شده

قدرت ژل (گرم نیرو)	درجة استریفیکاسیون	گالاکتورونیک اسید (درصد)	بازده (درصد)	شرایط استخراج			pH
				زمان (دقيقه)	دما (درجه سانتي گراد)		
۸۵	۸۰/۸	۷۷/۰	۱۹/۱	۵۰	۹۰	۱/۸	
۶۰	۵۷/۰	۷۴/۰	۱۸/۵	۶۰	۹۰	۱/۸	
۱۰۵	۷۲/۳	۷۶/۰	۱۷/۹	۵۰	۸۵	۱/۶	
۱۰۰	۶۹/۸	۷۶/۳	۲۱/۲	۶۰	۸۵	۱/۶	
۹۵	۷۳/۵	۷۵/۰	۱۹/۶	۴۰	۹۰	۱/۶	
۸۵	۶۹/۲	۷۶/۰	۲۲/۰	۵۰	۹۰	۱/۶	

### سپاسگزاری

پژوهندگان این آزمایش بر خود لازم می‌دانند از همکاری‌های ارزشمند جناب آقای دکتر شهرام دخانی تجلیل و قدردانی کنند. همچنین، از جناب آقای مهندس بهمن بهرامی، به خاطر زحمات و کمک‌های بی‌دریغ ایشان در طول انجام این پژوهش سپاسگزاری و تشکر می‌شود.

تأسیس گردد. البته بازیافت اتانول، این تولید را به مرتب اقتصادی تر می‌کند.

ارسلان و طغرل (۹) با استفاده از روش مشابه، بازده استخراج را ۲۰ گرم از هر ۱۰۰ گرم پودر تفاله گریپ فروت گزارش دادند، که با بازده به دست آمده در این پژوهش (۲۲ گرم از هر ۱۰۰ گرم پودر تفاله پرتقال) هم خوانی دارد. همچنین، اُسل (۲۰) میزان درجه استریفیکاسیون و خلوص پکتین استخراج شده را در شرایط مشابه استخراج، برابر نتیجه این آزمایش (۸۰/۸ درصد) گزارش داد.

### منابع مورد استفاده

۱. انتشارات مرکز گمرک ایران. ۱۳۷۳. آمارنامه واردات و صادرات ایران. مرکز گمرک ایران، تهران.
۲. خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. خوئی، س. ۱۳۷۱. اصول تغذیه مركبات. سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، تهران.

۴. شاهین، م. ۱۳۷۵. بررسی اثرات جهش‌زایی افزودنی (نیتریت سدیم - اسید بوریک و مشتقات آن). پایان‌نامه دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.
۵. طوفان، ج. ۱۳۷۴. کشت مرکبات. انتشارات محمدی، شیراز.
۶. عظیمی، ح. ۱۳۶۰. بررسی گیاهان موسیلانژدار. پایان‌نامه دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.
7. AOAC. 1984. Official Method of Analysis. 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
8. Arslan, N. 1995. Extraction of pectin from sugar-beet pulp and intrinsic viscosity-molecular weight relationship of pectin solutions. *J. Food Sci. Technol.* 32(5): 381-385.
9. Arslan, N. and H. Togrul. 1996. Filtration of pectin extract from grape fruit peel and viscosity of pectin solution. *J. Food Eng.* 27: 197-201.
10. Bonnell, J. M. 1985. Process for the production of useful products from orange peel. US. Patent. 4: 497838.
11. Braddock, R. J. and P. G. Crandall. 1978. Properties and recovery of waste liquids from citrus pectin pomace manufacture. *J. Food Sci.* 43: 1678-1683.
12. Donaghy, J. and A. M. McKay. 1994. The use of *Kluveromyces fragilis* for the extraction of orange peel pectins. *J. Appl. Bacteriol.* 76(5): 506-510.
13. Egan, H., R. S. Kirk and R. Sawyer. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8<sup>th</sup> ed., Churchill, Livingstone.
14. Glicksman, M. 1969. Gum Technology in the Food Industry. Academic Press, New York.
15. Graham, H. 1977. Food Colloids. The AVI Publ. Co., Inc., West Port, Connecticut, USA.
16. Imeson, A. 1997. Thickening and Gelling Agent for Food. Blackie Academic Professional, New York.
17. Kim, W. J., C. J. B. Smit and V. N. M. Rao. 1978. Demethylation of pectin using acid and ammonia. *J. Food Sci.* 43: 74-79.
18. Lin, M. J. Y., F. Sosulski and E. S. Houmbert. 1978. Extraction of pectin from sunflower heads. *J. Food Sci. Technol.*, 9(70): 1340-1342.
19. McCready, R. M. 1970. Pectin. In: M. A. Joslyn (Ed.), Methods in Food Analysis. 2<sup>nd</sup> ed., Academic Press, New York, PP. 565-595.
20. Osol, A. 1990. Remingtons Pharmaceutical. 18<sup>th</sup> ed., Mack Pub. Co., Pennsylvania, USA.
21. Rouse, A. H and P. G. Crandall. 1978. Pectin content of lime and lemon peel as extracted by nitric acid. *J. Food Sci.* 43: 72-74.
22. Szczesniak, A. S. 1963. Objective measurement of food texture. *J. Food Sci.* 28: 410-420.
23. The Merk Co. 1989. The Merk Index. 11<sup>th</sup> ed., New Jersey.
24. Zafiris, G. A. and V. Oreopoulou. 1992. The effect of nitric acid extraction variable on orange pectin. *J. Sci. Food Agric.* 60: 127-129.