بررسی کیفی و کمّی پکتین‌های استخراج شده از ضایعات فرایند تولید کنسانترهٔ آب پرتقال

جواد کرامت، غلامحسین کبیر و بیژن قناعتی[۱]

چکیده

آب‌میوه و کنسانترهٔ مرکبات از تولیدات مهم صنعتی در کشور است. هم‌زمان با تولید این فراورده‌ها، مقدار زیادی تفالهٔ مرکبات نیز تولید می‌شود، که حاوی مقدار بسیاری پکتین می‌باشد. پکتین را می‌توان از تفالهٔ 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 تفالهٔ مرکبات مشخص شد. نمونه‌های تفالهٔ پرتقال از یک کارخانهٔ تولید کنسانتره تهیه، و پکتین آنها توسط اسیدهای سولفوریک، نیتریک و هیدروکلریک استخراج گردید. بررسی‌های کیفی و کمّی، مانند تعیین بازده و هزینهٔ استخراج و جنبه‌های بهداشتی استفاده از اسیدهای فوق انجام، و هیدروکلریک اسید به عنوان مناسب‌ترین اسید برای استخراج پکتین انتخاب گردید.

در بخش دوم پژوهش، اثر درجه حرارت (۸۵ 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 متوکسیلاسیون و درجهٔ استریفیکاسیون پکتین‌های استخراج شده بررسی گردید. تجزیهٔ آماری نتایج نشان داد که pH برابر ۱/۶، درجه حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد، و زمان ۵۰ دقیقه، بهترین شرایط برای استخراج پکتین از تفالهٔ مرکبات می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *پکتین، پوست پرتقال، مرکبات*

مقدمه

واژه پکتین را که یک نام ژنریک (از واژهٔ یونانی پنکستوز به معنی لخته) بوده و به طیف گسترده‌ای از مواد پکتیک گفته می‌شود، نخستین بار براکونات (Braconnot) شیمیدان فرانسوی به کار برد (۱٤). پکتین در بخش بین سلولی (Middle lamella) گیاهان به همراه دیگر ترکیبات همی سلولزیک وجود دارد، و از نظر شیمیایی از پلیمرهای D–گالاکتورونیک اسید با اتصالات ٤ ← ۱α به صورت زنجیره‌ای مارپیچ (α-helix) تشکیل شده

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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

است. برخی از گروه‌های کربوکسیل واحدهای گالاکتورونیک اسید ممکن است با متانول استریفیه شده باشند، که میزان استریفیه بودن را درجه متوکسیلاسیون 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 ارزبری نسبتاً چشم‌گیری دارد (۱). بنابراین، بررسی تولید آن در داخل کشور می تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. پکتین می‌تواند به عنوان یک محصول جانبی، از منابع مختلفی مانند تفاله سیب درختی، تفاله چغندر قند، طبق گل آفتاب‌گردان و تفالهٔ مرکبات استخراج گردد (۱٤ و ۱٦). پکتین تفالهٔ سیب درختی به علت استفاده از آنزیم‌های پکتولیتیک در حین تولید کنسانتره آب سیب، و پکتین تفالهٔ چغندر قند به علت وجود گروه‌های استیل، و پکتین طبق گل آفتاب‌گردان به علت درجه متوکسیلاسیون پایین منابع مناسبی نیستند؛ در حالی که پکتین تفاله مرکبات با درجه متوکسیلاسیون بالا و قدرت تولید ژل قوی بهترین منبع استخراج پکتین می‌باشد. میزان پکتین بر اساس ماده خشک، در تفالهٔ سیب درختی، تفالهٔ چغندر قند، طبق گل آفتاب‌گردان و تفالهٔ مرکبات به ترتیب ۱۵-۲۰، ۱۵-۲۰، ۲۵ و ۲۵-۳۰ درصد است (۲، ۸، ۱٤، ۱۵ و ۱٦).

ایران با تولید ۳/۵ میلیون تن انواع مرکبات، ششمین تولید کننده مرکبات در جهان است. از این میزان، ۳/٤ میلیون تن به صورت تازه مصرف شده، حدود ۱۰۰ هزار تن به کارخانه‌های کنسانتره و آب میوه تحویل می‌گردد، و حدود ۵۰ هزار تن تفاله مرکبات تولید می‌شود. حدود ۱۰ درصد از تفالهٔ تولیدی پس از خشک شدن به مصرف خوراک 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، ۵، ٦، ۱۰ 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 معدنی رقیق، عمومی‌ترین 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 ٦۰ دقیقه، پکتین را با بازده ٤/۱ درصد از تفالهٔ لیموترش (Meyer lemon) استخراج کردند. ارسلان و طغرل (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 سیب 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 هگزامتافسفات، و در حرارت‌های ۹۵ و ۷۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. زافیریس و اورئوپولو (۲٤) پکتین را از تفاله پرتقال توسط اسید نیتریک استخراج کردند، و درصد گالاکتورونیک اسید آن را بین ٦۸/۵ 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 کارخانهٔ تولید کنسانتره تعیین گردید. شرایط مورد بررسی عبارت بود از تعیین نوع اسید، pH محلول، زمان و دمای استخراج، و نیز نحوهٔ 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 تفالهٔ پرتقال از یکی از کارخانه‌های تولید کنسانتره در شمال کشور تهیه، و درصد مادهٔ خشک نمونه‌ها تعیین شد (۱۳). سپس با حرارت دادن در بخار با دمای ۹۵ درجه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه در تونل اگزاست، آنزیم‌بری انجام شد تا آنزیم‌های پکتولیتیک خنثی گردند. پس از آنزیم‌بری، نمونه‌ها بلافاصله سرد شده و با خردکن به قطعات کوچک خرد شدند. به منظور حذف قندهای محلول، پکتین محلول و بخش عمده‌ای از رنگ‌دانه‌ها، نمونه‌های خرد شده در پارچهٔ ململ ریخته شد و تحت جریان آب با دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از جدا کردن آب اضافی، به صورت لایه‌های نازک در آون مجهز به جریان هوای گرم (٥٠ درجه سانتی‌گراد) هرائوس (Heraeus) ساخت کشور سوییس خشک گردید. برای افزایش بازده استخراج، نمونه‌های خشک شده با آسیاب برقی رتش (Retsch) ساخت آلمان آسیاب شد تا به صورت پودر درآید (۱۹ و ٢٤). پودر نمونه‌ها در سردخانه ۲۱- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد.

استخراج پکتین از پودر نمونه‌ها بدین نحو انجام شد که به ازای هر گرم نمونه، ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید رقیق به کار رفت، و در حمام آب گرم (Memert ساخت سوییس) 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 عصارهٔ حاصل عملیات رسوب‌گیری انجام گردید. پیش از رسوب‌گیری، عصاره به مدت ۳۰ دقیقه در سانتریفوژ زیگما (ساخت آلمان) با سرعت ٤٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفوژ، ذرات ریز معلق جداسازی، و کدورت عصاره برطرف شد (۱۹). برای رسوب‌گیری، از اتانل ۹٦ درجه و به نسبت ۱/۵ برابر حجم عصاره استفاده شد. پس از افزودن اتانل، مخلوط به مدت یک شب در دمای اتاق نگه داشته شد و سپس پکتین رسوب کرده با پارچه صاف گردید.

پکتین در طی سه مرحلهٔ شست‌شو با الکل‌های به ترتیب ۹٦، ۷۰ و ۹٦ درجه خالص‌سازی شد. پکتین حاصل با استون شسته شد تا رنگ آن کاهش یابد. پکتین رنگ‌بری شده در آون با سیستم خلأ هرائوس در فشار ۲۵۰ میلی‌متر جیوه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد، و برای محاسبهٔ بازده استخراج، توزین گردید.

بررسی ویژگی‌های پکتین استخراج شده

درصد رطوبت و خاکسترنمونه‌های پکتین استخراج شده اندازه‌گیری شد (۷ و ۱۳). هم‌چنین، درصد گالاکتورونیک اسید نمونه‌های پکتین به منظور تعیین میزان خلوص، اندازه‌گیری گردید. محلول D –گالاکتورونیک اسید استاندارد ساخت شرکت مرک آلمان تهیه، و پس از افزودن یک میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۲٪ به یک میلی‌لیتر آن، در حمام آب و یخ قرار داده شد. سپس شش میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ به آن افزوده، سرد شد، و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مخلوط حاصل دوباره سرد شد، و پس از افزودن محلول معرف ۳ و ۵ دی متیل فنل، طیف جذبی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جفت فام کامسپک (Comspec) ساخت آمریکا تهیه، و طول موج ٤٥٠ نانومتر به عنوان طول موج ماکزیمم جذب، تعیین شد. سپس، ضمن تهیه منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف D- گالاکتورونیک اسید استاندارد، مقدار گالاکتورونیک اسید نمونه‌های پکتین استخراج شده مانند فوق اندازه‌گیری گردید.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پکتین، درجه استریفیکاسیون آن است. به منظور تعیین درجه استریفیکاسیون نمونه‌های پکتین استخراج شده، گروه‌های کربوکسیل پیش و پس از هیدرولیز، با یک محلول هیدروکسید سدیم استاندارد تیتر شد و مطابق ذیل محاسبه گردید (۱۹).

$$\text{درصد متوکسیل} = \frac{\text{۳۱× میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم مصرفی}}{\text{گرم وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درجه استریفیکاسیون} = \frac{\text{گروه‌های کربوکسیل استریفیه شده}}{\text{کل گروه‌های کربوکسیل}} \times ۱۰۰$$

قدرت ژل کنندگی یکی دیگر از ویژگی‌های مهم پکتین است. برای تعیین قدرت ژل کنندگی نمونه‌های پکتین استخراج شده، نخست به طریق زیر از آنها ژل تهیه شد: مقدار یک گرم از نمونهٔ پکتین با ۱۰ گرم شکر مخلوط، و پس از افزودن ٤٥

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

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 سانتی‌گراد نگهداری گردید. با استفاده از یک نمونهٔ پکتین تجارتی به عنوان شاهد، برابر روش فوق ژل تهیه شد (۱۹). استحکام و پایداری ژل‌های حاصل در دستگاه اینسترون (Instron) مدل ۱۱٤۰ ساخت انگلستان اندازه‌گیری گردید. برای این اندازه‌گیری، نخست یک پروب به قطر یک اینچ و سطح مقطع ۰/۷٦ سانتی‌متر مربع تهیه، و به دستگاه اینسترون 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 اندازه گیری شد (۲۲).

تجزیهٔ 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، μ میانگین، α_i ، β_j و γ_k به ترتیب اثر فاکتورهای اول، دوم و سوم، $(\alpha.\beta)_{ij}$، $(\beta.\gamma)_{jk}$ و $(\alpha.\gamma)_{ik}$ اثر متقابل دو فاکتور، $(\alpha.\beta.\gamma)_{ijk}$ اثر متقابل سه فاکتور، و Σijk اثر خطای آزمایش می‌باشد (۲٤).

نتایج و بحث

مقدار مادهٔ خشک نمونهٔ تفالهٔ تهیه شده از کارخانه تولید کنسانتره پرتقال در سه تکرار اندازه‌گیری شد و میانگین نتایج

جدول ۱. بازده استخراج پکتین با اسیدهای مختلف

نوع اسید	درصد پکتین استخراج شده
سولفوریک	۱۸/۲۰
هیدروکلریک	۱۸/۱٦
نیتریک	۱۸/۲٦

برابر ۱۵/۰۳ درصد به دست آمد.

به منظور تعیین مناسب‌ترین نوع اسید معدنی، بازده استخراج پکتین از تفالهٔ پرتقال با استفاده از اسیدهای سولفوریک، هیدروکلریک و نیتریک در شرایط یکسان (pH برابر ۱/۸، دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ٦۰ 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 برد. بنابراین، از نظر رنگ نیز تفاوتی بین سه اسید مزبور در استخراج پکتین دیده نشد.

از نظر اقتصادی نیز این سه اسید به صورت تجارتی 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 (٤). 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

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

پروتوپکتین موجود در تفالهٔ توسط محلول اسیدی، به صورت عصارهٔ پکتین محلول استخراج می‌شود، و فرایند تولید پکتین بر اساس رسوب دادن پکتین به صورت جامد می‌باشد، و مواد تلخ موجود در عصارهٔ مایع پکتین تفالهٔ پرتقال، حذف می‌گردد (۱٦).

انتخاب نوع حلال مصرفی در مرحلهٔ رسوب‌گیری پکتین نیز حائز اهمیت است. اتانل، ایزوپروپیل الکل و استن از جمله حلال‌هایی هستند که برای این منظور استفاده می‌گردند. ایزوپروپیل از دو حلال دیگر گران‌تر 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 اتانل 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 اتانل به عنوان حلال رسوب‌گذار، شرایط مختلف استخراج شامل pH، دما و زمان بررسی شد. میانگین نتایج سه تکرار در جدول ۲ ارائه، و نتایج حاصل تجزیهٔ آماری گردید (جدول ۳).

هر یک از عوامل تأثیر مستقل، و نیز تأثیر متقابلی نسبت به دیگر عوامل بر بازده استخراج دارد. تجزیه آماری نشان داد که اگر چه افزایش دما موجب افزایش بازده می‌شود، ولی در بعضی از شرایط موجب کاهش بازده می‌گردد. این اثر در مورد عوامل دیگر نیز ملاحظه گردید. بنابراین، بیشترین بازده استخراج ۲۲ درصد، در شرایط حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۱/٦، و زمان استخراج ۵۰ دقیقه به دست آمد. تأثیر عوامل فوق بر خواص کیفی پکتین استخراج شده نیز بررسی گردید.

جدول ٤ تأثیر این عوامل را بر درصد گالاکتورونیک اسیدِ پکتین استخراج شده، که نشان دهندهٔ میزان خلوص آن می‌باشد، نشان می دهد. داده‌های ارائه شده میانگین نتایج سه تکرار بوده، که از نظر آماری نیز تجزیه شده است.

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

درجهٔ استریفیکاسیون یکی از ویژگی‌های 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 گروه‌های متوکسیل) نشان می‌دهد. 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 درجهٔ استریفیکاسیون پکتین ۸۰/۸ درصد، در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۱/۸ و زمان استخراج ۵۰ دقیقه است.

قدرت ژل حاصل از پکتین استخراج شده تحت شرایط استاندارد، در مقایسه با پکتین تجارتی بررسی گردید، و تأثیر pH، دما و زمان بر این ویژگی کیفی پکتین سنجیده شد. نتایج تجزیه آماری شده، میانگین داده‌ها در جدول ٦ ارائه شد. قوی‌ترین ژل، که بیشترین نیروی دستگاه (۱۰۵ گرم) را نیاز داشت، در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، pH برابر ۱/٦ و زمان استخراج ۵۰ دقیقه به دست آمد.

بنابراین، بهترین زمان استخراج ۵۰ دقیقه، بهترین دمای استخراج ۹۰ درجه سانتی‌گراد (۸۵ درجه سانتی‌گراد در مورد قوی‌ترین ژل)، و بهترین pH برابر ۱/٦ برای بیشترین بازده استخراج و قوی‌ترین ژل، و pH برابر ۱/۸ برای استخراج خالص‌ترین پکتین با بالاترین درجهٔ استریفیکاسیون تعیین شد. جدول ۷ خلاصه‌ای از کل نتایج و تأثیر pH، دما و زمان استخراج را نشان داد.

با توجه به نیاز کشور به پکتین و تولید مقدار زیادی تفالهٔ مرکبات توسط کارخانه‌های تولید کنندهٔ آب و کنسانترهٔ مرکبات، پیشنهاد می‌گردد از نتایج حاصل از این پژوهش، که در حد آزمایشگاهی انجام شد، در تولید نیمه صنعتی و صنعتی پکتین از تفالهٔ مرکبات استفاده شده، و صنعت تولید پکتین در کشور

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

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

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

جدول ۳. جدول ANOVA برای بازده استخراج پکتین مرکبات

منابع تغییر	Df	SS	MS	F
pH.	۲	۲۱۴/۸۵	۱۰۷/۴۲۵	۱۰۲/۵**
دما	۱	۱۱۵/۵۷	۱۱۵/۵۷	۱۱۰/۳**
زمان	۲	۸۰/۰۵	۴۰/۰۳	۳۸/۲**
دما × pH	۲	۳/۲۸	۱/۶۴	۱/۵۷
زمان × pH	۴	۱/۸۱	۰/۴۵۲۵	۰/۴
دما × زمان	۲	۲۷/۲۵	۱۳/۶۲۵	۱۳**
دما × زمان× pH	۴	۷/۴۹	۱/۸۷۲	۱/۷۹
خطا	۳۶	۳۷/۷۲۶	۱۰/۴۸	
کل	۵۳	۴۸۸/۰۲۱۴		

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

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

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

دما (درجه سانتی‌گراد)		۸۵			۹۰		
pH	زمان (دقیقه)	۴۰	۵۰	۶۰	۴۰	۵۰	۶۰
۲/۰		۸۱/۵	۸۴/۵	۷۷/۹	۸۰/۳	۷۹/۰	۶۵/۵
۱/۸		۸۰/۲	۷۰/۵	۶۹/۲	۷۱/۶	۸۰/۸	۵۶/۹
۱/۶		۷۴/۱	۷۲/۳	۶۹/۸	۷۳/۵	۶۹/۲	۵۴/۵

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

جدول ٦. بررسی اثر pH، دما و زمان بر قدرت ژل حاصل از پکتین استخراج شده (گرم نیروی لازم برای فرو رفتن پروب دستگاه در ژل)

دما (درجه سانتی‌گراد)		۸۵			۹۰		
pH	زمان (دقیقه)	٤٠	٥٠	٦٠	٤٠	٥٠	٦٠
۲/۰		۱۲۰	۱۰۵	۱۱۰	۹۰	۹۷	۷۰
۱/۸		۱۱۰	۹۰	۹۵	۸۵	۸۰	٦٠
۱/٦		۱۱۵	۱۰۵	۱۰۰	۹۵	۸۵	٥٥

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

شرایط استخراج			بازده	گالاکتورونیک اسید	درجهٔ	قدرت ژل
pH	دما (درجه سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	(درصد)	(درصد)	استریفیکاسیون	(گرم نیرو)
۱/۸	۹۰	٥٠	۱۹/۱	۷۷/۰	۸۰/۸	۸۵
۱/۸	۹۰	٦٠	۱۸/٥	۷٤/۰	٥۷/۰	٦٠
۱/٦	۸٥	٥٠	۱۷/۹	۷٦/۰	۷۲/۳	۱۰٥
۱/٦	۸٥	٦٠	۲۱/۲	۷٦/۳	٦۹/۸	۱۰۰
۱/٦	۹۰	٤٠	۱۹/٦	۷٥/۰	۷۳/٥	۹٥
۱/٦	۹۰	٥٠	۲۲/۰	۷٦/۰	٦۹/۲	۸٥

تأسیس گردد. البته بازیافت اتانل، این تولید را به مراتب اقتصادی‌تر 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 تفالهٔ پرتقال) هم‌خوانی دارد. هم‌چنین، اُسل (۲۰) میزان درجهٔ استریفیکاسیون و خلوص پکتین استخراج شده را در شرایط مشابه استخراج، برابر نتیجهٔ این آزمایش(۸۰/۸ درصد) گزارش داد.

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.

منابع مورد استفاده

۱. انتشارات مرکز گمرک ایران. ۱۳۷۳. آمارنامهٔ 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 مرکبات*. سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، تهران.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]

٤. شاهین، م. ۱۳۷۵. بررسی اثرات جهش‌زایی افزودنی (نیتریت سدیم – اسید بوریک و مشتقات آن). پایان‌نامه دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

٥. طوفان، ج. ۱۳۷٤. *کشت مرکبات*. انتشارات محمدی، شیراز.

٦. عظیمی، ح. ۱۳٦۰. بررسی گیاهان موسیلاژدار. پایان‌نامهٔ دکتری داروسازی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

7. AOAC. 1984. Official Method of Analysis. 14th 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. 8th 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. 2nd ed., Academic Press, New York, PP. 565-595.
20. Osol, A. 1990. Remingtons Pharmaceutical. 18th 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. 11th 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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.4.12.5]