

DOI: 10.22034/fr.2021.39051.1727

استخراج پکتین از پوست و کلاهِک کدو حلوايي به روش مایکروویو

منوچهر درویشی^۱ و صدیقه یزدان پناه^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۱۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

^۲ استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

* مسول مکاتبه: Email: yazdanpanah2004@gmail.com

چکیده

زمینه مطالعه: پکتین محلول قندی پیچیده‌ای است و به طور گسترده‌ای به عنوان عامل ژل‌کننده و پایدارکننده، بافت‌دهنده و امولسیون‌کننده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. با افزایش تولید و فرآوری میوه‌ها و سبزیجات فرآورده‌های جانبی زیادی به وجود می‌آید. کلاهِک و پوست کدو یکی فرآورده‌های جانبی است که دارای مواد با ارزشی مانند پکتین است و می‌تواند از جنبه اقتصادی و زیست محیطی سودمند باشد. استفاده از امواج مایکروویو از جمله روش‌های نوین استخراج موثر ترکیبات خاص است. این روش نسبت به روش‌های سنتی مزایای بسیاری دارد که از جمله آن می‌توان به فرآیند زمان کوتاه‌تر، حلال مصرفی کمتر، راندمان تولید بالاتر، تولید محصول با کیفیت‌تر و صرف هزینه کمتر اشاره کرد. **هدف:** در این تحقیق استخراج پکتین از پوست و کلاهِک کدو حلوايي با استفاده از مایکروویو در دو دمای ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، با توان ۲۰ وات و زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه، pH ۱/۵ و ۲ و نسبت نمونه به حلال ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/حجمی انجام شد. روش کار: سپس آزمایشات بعدی بر روی تیمارهای منتخب که بازده بالاتری داشتند، انجام شد. نتایج آزمون‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سطح احتمال ۵٪ تجزیه و تحلیل شد. **نتایج:** بالاترین بازده استخراج (۲۴/۳٪)، مقدار اسید گالاکتورونیک (۴۶/۶٪) مربوط به پکتین استخراج شده از کلاهِک، درجه استری (۳/۴۴٪)، پایداری و فعالیت امولسیفایر مربوط به پکتین استخراج شده از پوست کدو حلوايي تعیین گردید ($P < 0/05$). پکتین پوست و کلاهِک کدو حلوايي از نوع کم‌متوکسیل می‌باشد. رفتار جریانی محلول‌های پکتین حاصل از پوست و کلاهِک کدو حلوايي در تمامی غلظت‌ها نیوتنی بود. نتایج FTIR نشان داد پکتین کلاهِک از لحاظ ساختاری شباهت بیشتری به پکتین استاندارد دارد. **نتیجه‌گیری نهایی:** بنابراین می‌توان از این گونه ضایعات کشاورزی به عنوان یک منبع نوید بخش در تولید پکتین استفاده نمود.

واژگان کلیدی: استخراج، پکتین، کدو حلوايي، مایکروویو

مقدمه

ساکاریدهای غنی از واحدهای گالاکتورونیک اسید به همراه مقدار کمتری از قندهای مختلف می‌باشد و در رژیم غذایی معمولی هر روز حدود ۵-۴ گرم مصرف می‌شود (بایانا ۲۰۱۴). پکتین با درجه متیلاسیون بالا و

پکتین یک ترکیب طبیعی است که در گیاهان وجود داشته و نقش مهمی را در ساختار دیواره سلولی بر عهده دارد، همچنین در بردارنده گروهی از پلی-

رابطه با آن، از جمله از بین بردن کرم‌ها و انگل‌های روده و معده، کاهش کلسترول خون، رفع التهاب مثنانه، مجاری ادرار و کلیه، رفع التهاب و جلوگیری از بزرگ شدن پروستات مشاهده شده است (قهرآ و همکاران ۲۰۰۹). پوست و کلاهیک این محصول، که اغلب به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، منبع با ارزشی از پکتین است. بنابراین استفاده از آن برای تولید پکتین، علاوه بر تولید یک فرآورده با ارزش، سبب کاهش مشکلات مربوط به دفع ضایعات نیز می‌شود. مطالعات مشابهی در زمینه استخراج پکتین از ضایعات سبزی‌ها انجام گرفته است. اینا و همکاران (۲۰۱۲)، به استخراج پکتین از پوست لیمو، گریپ فرود و پرتقال شیرین پرداختند، در این مطالعه از روش ترسیب با الکل برای استخراج پکتین استفاده کردند و بیان نمودند که محتوای متوکسیل و حلالیت پکتین استخراج شده از پوست پرتقال شیرین نسبت به سایر گونه‌ها بیشتر بوده است (اینا و همکاران ۲۰۱۲). ماران و همکاران (۲۰۱۴) به بهینه‌سازی روش استخراج با مایکروویو پکتین از پوست پرتقال پرداختند، این محققین در مطالعه‌ی خود به بررسی اثرات متغیرهای مختلف فرآیند (قدرت مایکروویو، زمان پرتودهی، pH و نسبت جامد-مایع) بر روی بازده استخراج پکتین پرداختند. بیان نمودند که با افزایش قدرت مایکروویو، میزان پکتین استخراج شده افزایش یافته، در حالی که با افزایش زمان، pH و نسبت جامد-مایع، میزان آن کاهش یافته است (ماران و همکاران ۲۰۱۴). حسینی و همکاران (۲۰۱۷) از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به کمک امواج مایکروویو پکتین استخراج و گزارش نمودند پکتین حاصل از هر سه محصول دارای بازدهی و درجه خلوص مطلوبی بوده و از هر سه محصول ضایعاتی می‌توان به عنوان منبع پکتین استفاده نمود (حسینی و همکاران ۲۰۱۷). در این تحقیق ابتدا پکتین به کمک امواج مایکروویو از پوست و کلاهیک کدو حلواهی استخراج شد و سپس بازده و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی آن بررسی و مقایسه گردید.

پایین به ترتیب پکتین پراستر و کم‌استر هستند. پکتین پراستر در محلول‌های حاوی مواد جامد محلول زیاد و سیستم اسیدی تشکیل ژل می‌دهند، در حالی که پکتین-های کم‌استر در pHهای گسترده‌تر در محدوده مواد جامد بزرگ‌تر تشکیل ژل می‌دهند اما به وجود کاتیون-های دو ظرفیتی برای تشکیل ژل نیاز دارند (کراتچانووا و همکاران ۲۰۱۲). پکتین می‌تواند برای افزایش ویسکوزیته، پایداری و قوام، همچنین بهبود تعلیق مواد در سیستم‌های غذایی و مشخصاً برای تولید ژل در صنعت داروسازی، به منظور کاهش کلسترول خون و تسکین درد استفاده شود (لیو و همکاران ۲۰۱۰). استفاده از آب داغ و 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 (سیکساس و همکاران ۲۰۱۴). بنابراین جایگزین کردن این روش با یک روش بهتر و جدیدتر که مشکلات ناشی از آن به حداقل برساند، ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از امواج مایکروویو از جمله روش‌های نوین استخراج بوده که اخیراً بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. این روش نسبت به روش‌های سنتی مزایای بسیاری دارد که از جمله آن می‌توان به فرایند زمان کوتاه‌تر، حلال مصرفی کمتر، راندمان تولید بالاتر، تولید محصول با کیفیت‌تر و صرف هزینه کمتر اشاره کرد (باقریان و همکاران ۲۰۱۱). امروزه به صورت تجاری پکتین از پوست مرکبات، تفاله سیب و چغندر قند استحصال می‌شود که هر کدام بر اساس منبع استخراج، تنوع زیادی از لحاظ ساختاری و عملکرد دارند (رالت ۲۰۱۱). کدو حلواهی با نام علمی *Moschata Cucurbita* جزء خانواده Cucurbitaceae می‌باشد که گیاهی علفی با ساقه خرنده و پیچک، گل‌های زرد رنگ، تک جنسی و میوه آن سته می‌باشد (قهرآ و همکاران ۲۰۰۹). کدو حلواهی یکی از گیاهانی است که در درمان بشر پیشینه قوی داشته و خواص درمانی بسیاری در

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای تهیه مواد اولیه از کدو حلوایی با نام علمی *Moschata Cucurbita* که از بازار محلی شیراز خریداری شد استفاده گردید. کلریدریک اسید، هیدروکسید سدیم اتانول ۹۶ درصد، متاهیدروکسی بی-فنیل و سدیم آزید (مرک، آلمان) و فنل فتالئین از شرکت (اسپارلایب، اسپانیا) خریداری شد.

تهیه پودر کلاهک و پوست کدو

کلاهک و پوست کدو جدا شد سپس خرد شده و به مدت ۴ روز در معرض آفتاب قرار داده شد تا در برابر جریان هوا خشک گردد. سپس کلاهک و پوست خشک شده را آسیاب (Germany, Kalorance) کرده و از آن پودر یکنواختی تهیه شد. پودر به دست آمده در ظروف بسته‌بندی شده، دور از رطوبت نگهداری شد.

استخراج پکتین با مایکروویو

پکتین از پودر کدوی خشک شده به همراه آب در داخل مایکروویو (Austria, Anton paar SVM 3000) با برنامه توان به شماره ۲۰ وات، زمان در چهار سطح ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و دمای ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد استخراج شد. pH محلول در تمام تیمارهای استخراجی با استفاده از محلول ۱ نرمال اسیدکلریدریک بر روی عدد ۱/۵ و ۲ تنظیم شد و نسبت نمونه به حلال ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/حجمی بود. پس از گذشت زمان لازم برای استخراج، نمونه‌ها از کاغذ صافی (General Electric USA, Whatman) شماره ۱، دو بار عبور داده شدند و در مرحله بعد برای جداسازی ذرات معلق از سانتریفیوژ (Germany, SIGMA14-1) ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت زمان ۲۰ دقیقه استفاده شد. ذرات جامد عصاره مایع رویی بدست آمده، بعد از سانتریفیوژ با استفاده از کاغذ صافی شماره ۱ جداسازی شد. عصاره حاوی پکتین در یخچال (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و سپس به عصاره به نسبت ۲ به ۱، اتانول ۹۶٪ برای رسوب دادن پکتین افزوده شد و به مدت یک شب در یخچال برای رسوب کامل پکتین نگهداری شد. برای جداسازی رسوب پکتین از مایع از سانتریفیوژ ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵

دقیقه استفاده شد. بعد از خارج کردن مایع رویی، رسوب باقی‌مانده با اتانول ۹۶٪ سپس سانتریفیوژ ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و اتانول ۷۰٪ سپس سانتریفیوژ ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه برای حذف ناخالصی‌ها شستشو و جداسازی شد. در پایان نمونه‌های پکتین بدست آمده در آن تحت خلا (USA, Soofer Co 29) با جریان هوای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ ساعت خشک گردید، سپس بازده استخراج از تقسیم وزن پکتین خالص (گرم) به وزن پودر خشک اولیه (گرم) ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید (فراوش و همکاران ۲۰۰۸ و کاظمی و همکاران ۲۰۱۹).

بررسی محتوای گالاکتورونیک اسید پکتین

استخراجی

درصد گالاکتورونیک اسید با روش رنگ‌سنجی با استفاده از معرف متاهیدروکسی دی فنیل با استفاده از اسپکتروفوتومتر (Japan, UV-1700 Shimadzu)، اندازه‌گیری شد. به لوله‌های آزمایش حاوی ۱ میلی‌لیتر نمونه (۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) با ۶ میلی‌لیتر محلول ۰/۱۲۵ مولار تترابورات سدیم در اسید سولفوریک اضافه شد. در مرحله بعد لوله‌های آزمایش در حمام آب-یخ سرد شدند. بعد از مخلوط کردن نمونه‌ها، لوله‌ها به مدت ۶ دقیقه در آب جوش قرار گرفتند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها در حمام آب-یخ، ۱ میلی‌لیتر معرف به هر یک از لوله‌های آزمایش اضافه شده و به هم‌زده شدند، سپس با استفاده از اسپکتروفوتومتر (Shimadzu-UV-1700 Japan) حداکثر جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. با مقایسه مقدار جذب خوانده شده با منحنی استاندارد، مقدار گالاکتورونیک اسید محاسبه گردید. برای رسم منحنی استاندارد گالاکتورونیک اسید، از محلول دی-گالاکتورونیک اسید در آب مقطر دیونیزه، رقت‌های مختلف از ۰ تا ۲۵۰ میکروگرم در میلی‌لیتر تهیه شده و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. در پایان نمودار جذب در برابر غلظت رسم گردید (بلومنکرانتز و اسبو هانسن ۱۹۷۳).

اندازه‌گیری درجه استرئیفیکاسیون

فعالیت امولسیون محاسبه گردید (دالیو و سیمونوا ۱۹۹۵).

ویژگی‌های رئولوژیکی

ویسکوزیته غلظت‌های مختلف محلول پکتین به وسیله ویسکومتر چرخشی (Spain, VP1000M) و اسپیندل‌های شماره‌ی ۶۰ و ۶۱ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (حسینی و همکاران ۲۰۱۶).

طیف‌سنجی FT-IR

برای اندازه‌گیری گروه‌های عاملی نمونه‌ها از طیف‌سنج FT-IR (BRUKER, TENSOR, آلمان) با استفاده از روش قرص پتاسیم برماید در دامنه ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ بر سانتی‌متر صورت گرفت. این آزمون برای تعیین حضور گروه‌های عاملی مانند کربوکسیل و هیدروکسیل جهت تأیید کیفیت پکتین استخراجی انجام شد (سانتوس و همکاران ۲۰۱۳).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی به وسیله آنالیز واریانس ANOVA و در مقایسه‌های دوتایی از t تست استفاده شد. آنالیز داده‌ها در سطح اطمینان ۵٪ با نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

بررسی استخراج با روش مایکروویو

نتایج حاصل از بازده استخراج پکتین از کلاک و پوست کدو توسط روش مایکروویو در جدول ۱ نشان داده شده است.

۰/۲ گرم از نمونه پکتین‌های استخراج شده در ارلن با ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ خیسانده شد. ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به ظرف اضافه شد و بر روی همزن مغناطیسی (Germany, RETbasic) هم‌زده شد. با سود ۰/۵ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کم رنگ تیترا شد. به محلول خنثی شده در مرحله اول تیتراسیون ۱۰ میلی‌لیتر سود ۰/۵ نرمال اضافه شد و بر روی همزن مغناطیسی هم‌زده شد تا پکتین صابونی شود. سپس ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰/۵ نرمال به ارلن اضافه و هم‌زده شد تا رنگ صورتی ناپدید شود. اسید اضافی با سود ۰/۵ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا شد. درصد استری شدن پکتین از تقسیم حجم ثانویه به مجموع حجم اولیه و حجم ثانویه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (بوچک و همکاران ۲۰۰۱).

اندازه‌گیری ویژگی‌های امولسیونی

امولسیون براساس اضافه شدن ۳ میلی‌لیتر روغن خوراکی به ۳ میلی‌لیتر محلول پکتین (۰/۵ درصد وزنی/حجمی) حاوی ۰/۲ درصد سدیم آزید برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها تهیه شد. سپس با استفاده از هموژنایزر ۱۰۰۰۰ g (Germany, IKA T-25) به مدت ۴ دقیقه در دمای اتاق هموژن شد. نمونه‌ها در سانتریفیوژ ۴۰۰۰ g دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. بعد از سانتریفیوژ با توجه به حجم لایه امولسیون باقی مانده تقسیم بر حجم لایه امولسیون اولیه ضربدر ۱۰۰،

جدول ۱- بازده استخراج پکتین از پوست و کلاک کدو حلوی بوسیله مایکروویو

Table 1- Pectin extraction yield of skin and cap of pumpkin by microwave

Treatment	Temperature (°C)	Time (min)	Ratio of sample to solvent (W/V,%)	pH	yield of skin (%)	yield of Cap(%)
1	80	10	20	2	7.15	55.8
2	80	15	20	2	9.3	9.9
3	80	20	20	2	11.15	12.16
4	80	30	20	2	12.38	13.38
5	90	10	30	1.5	18.1	22.1
6	90	15	30	1.5	19.4	19.8
7	90	20	30	1.5	20.46	21.25
8	90	30	30	1.5	21.24	24.3

استخراج افزایش یافته است. حسینی و همکاران نیز، با کمک ماکروویو به استخراج پکتین از پوسته نارنج پرداختند و گزارش کردند بیشترین بازدهی استخراج در pH برابر ۱/۵، قدرت ماکروویو ۷۰۰ وات در سه دقیقه بود. که با پژوهش حاضر مطابقت دارد (حسینی و همکاران ۲۰۱۶).

بررسی درصد اسید گالاکتورونیک

درصد اسید گالاکتورونیک پکتین استخراج شده از پوست و کلاهی کدو تیمارهای منتخب در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- میزان اسید گالاکتورونیک در تیمارهای منتخب

پوست و کلاهی کدو حلوایی

Table 2 - Amount of galactronic acid in selected treatments of skin and cap of pumpkin

	Skin	Cap
Amount of galactronic acid	8.04±0.47 ^b	46.6±0.37 ^a

Values are reported as mean ± standard deviation, same letters are no significant difference (p<0/05).

درصد گالاکتورونیک اسید نشان دهنده میزان خلوص پکتین می باشد و هر چه میزان این پارامتر بیشتر باشد، پکتین حاصل خالص تر است (یاپو و همکاران ۲۰۰۷). با توجه به نظر سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد و اتحادیه اروپا پکتین باید حداقل ۶۵٪ گالاکتورونیک اسید داشته باشد (باقریان و همکاران ۲۰۱۱). در این تحقیق درصد گالاکتورونیک اسید پکتین استخراج شده در شرایط بهینه از نظر راندمان (دمای ۹۰ °C، زمان ۳۰ دقیقه، نسبت وزنی حجمی ۳۰٪ و pH برابر با ۱/۵) مورد بررسی قرار گرفت، که میزان آن در پوست و کلاهی کدو حلوایی به ترتیب برابر با ۳۸/۰۴ و ۴۶/۶٪ بود. اختلاف معنی داری بین آنها در سطح P<۰/۰۵ تعیین گردید. پکتین کلاهی از درصد خلوص بیشتری نسبت به پکتین پوست کدو حلوایی برخوردار است. ولی با این حال پکتین های استخراجی حاوی مونوساکاریدها و سایر ناخالصی ها است. ما و همکاران (۲۰۱۳)، ویژگی های فیزیکی شیمیایی پکتین استخراج شده با کمک

از بین ۸ تیمار کلاهی و ۸ تیمار پوست، ۱ تیمار برای کلاهی کدو و ۱ تیمار برای پوست کدو بالاترین بازده را داشتند. تیمار ۸ که در توان ثابت ۲۰ وات، دمای C ۹۰ به مدت ۳۰ دقیقه به نسبت ۳۰٪ وزنی/ حجمی بدست آمده بود، به عنوان تیمار منتخب تعیین گردید، پوست کدو دارای ۲۱/۲۴٪ و کلاهی دارای ۲۴/۳٪ بازده استخراج بود. محققان زیادی دما را به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در استخراج ترکیبات مختلف پلی ساکارییدی نظیر پکتین گزارش کرده اند (چان و چو ۲۰۱۳؛ وای و همکاران ۲۰۱۰). با افزایش دما از ۸۰ °C به ۹۰ °C، بازده استخراج پکتین افزایش یافته است. افزایش بازده استخراج با افزایش دما (پورمحمد و قره-خانی ۱۳۹۹) احتمالاً به خاطر افزایش حلالیت این پلی ساکراید در حلال و به دنبال آن افزایش انتقال جرم آن از ذرات ترکیب جامد به داخل حلال است (براگا و همکاران ۲۰۰۶؛ لی و همکاران ۲۰۰۶). بسیاری از محققان بیان داشتند زمان استخراج رابطه مستقیم با بازده استخراج دارد به طوری که با افزایش زمان بازده نیز افزایش می یابد (ین و همکاران ۲۰۱۱). در پژوهش حاضر با افزایش مدت زمان استخراج، بازده استخراج افزایش یافت، به طوری که بیشترین بازده استخراج در زمان ۳۰ دقیقه صورت گرفت. راندمان استخراج برای pH = ۱/۵ بیشتر از شرایطی است که از pH = ۲ استفاده شد. بالا بودن بازده تولید در pH های پایین مربوط به تأثیر اسید بر دیواره سلولی ماده جامد اولیه و آزاد سازی پکتین در حلال استخراج است. لذا هرچه pH استفاده شده برای استخراج پایین تر باشد تخریب دیواره سلولی بیشتر (انصاری و حجتی ۱۳۹۷) و به دنبال آن آزاد سازی و در نتیجه تولید پکتین بیشتر خواهد بود (ما و همکاران ۲۰۱۳). ماران و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند در غلظت های بالا ماده جامد در محلول استخراجی به دلیل برقراری تعادل دینامیکی بین ماده جامد و محلول، میزان انتقال جرم کاهش می یابد (ماران و همکاران ۲۰۱۴). نتایج پژوهش حاضر با نتایج ماران و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت ندارد. زیرا با افزایش نسبت جامد به مایع از ۲۰٪ به ۳۰٪، میزان بازده

و پکتین با درجه استریفیکاسیون پایین (با درجه استری کمتر از ۵۰٪) طبقه بندی می‌شوند (یاپو و همکاران ۲۰۰۷). پکتین با درجه استری بالا در حضور غلظت‌های بالای شکر و در pH های پایین تشکیل ژل می‌دهد. در حالیکه تشکیل ژل در پکتین با درجه استری پایین در دامنه وسیعی از pH، در حضور و یا بدون حضور مقدار اندک شکر صورت می‌پذیرد، اما وجود یون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم برای تشکیل ژل این نوع پکتین الزامی است (لوپز و رائو ۲۰۰۶؛ لفرگن و هرمانسون ۲۰۰۷). طبق درجه استریفیکاسیون بدست آمده برای نمونه‌ها، پکتین کدو حلوايي از دسته‌ی کم‌استر می باشد. درجه استریفیکاسیون (درصد گروه‌های متوکسیل) پکتین استخراج شده در شرایط بهینه در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده از جدول ۳ بالاترین درجه‌ی استریفیکاسیون مربوط به نمونه‌ی استخراج شده از پوست کدو حلوايي (۴۴/۳) تعیین گردید که اختلاف معنی‌داری با نمونه مربوط به کلاک داشت ($P < 0.05$). استفاده از دمای بالاتر برای استخراج سبب کاهش درجه استریفیکاسیون می‌شود که به دلیل استرزدایی پکتین در دماهای بالا است (ما و همکاران ۲۰۱۳). هر چه pH محلول استخراج پایین‌تر باشد پکتین حاصل درجه استریفیکاسیون پایین‌تری خواهد داشت (وای و همکاران ۲۰۱۰). به طور کلی پکتین‌های حاصل از استخراج‌هایی که در آنها از دمای بالا و زمان طولانی و pH پایین استفاده شده است درجه استریفیکاسیون پایینی دارند و این به دلیل شرایط سختی است که برای استخراج استفاده شده است و این شرایط سخت سبب تخریب و استرزدایی پکتین می‌شود (وای و همکاران ۲۰۰۹). پکتین با درجات استری متفاوت دارای کاربردهای متفاوتی می‌باشند. از این رو پکتین به دست آمده از این محصول به دلیل پایین بودن درجه استری آن برای تولید محصولات با شکر کم مثل ژل‌ها و مرباهای کم کالری بسیار مناسب است (وای و همکاران ۲۰۱۰). امگاہ و همکاران (۲۰۰۸)، در استخراج پکتین از پوست موز گزارش کردند که علاوه بر تاثیر دما و pH افزایش زمان استخراج نیز میزان متوکسیل پکتین را کاهش می‌دهد. پژوهش حاضر

اسیدهای مختلف از تفاله چغندر قند را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند، میزان گالاکتورونیک اسید در پکتین‌های استخراج شده، بر حسب نوع اسید متفاوت و در دامنه ۷۷/۸-۶۰/۲٪ است. این محققین نوع اسید و pH (سکونی رواسان و آسفی ۱۳۹۷) را مهمترین عامل بر درصد گالاکتورونیک اسید معرفی کرده و بیان داشتند، هر چه اسید مورد استفاده برای استخراج پکتین قوی‌تر باشد درصد گالاکتورونیک اسید بیشتر خواهد بود (ما و همکاران ۲۰۱۳). پکتین استخراج شده از کدو حلوايي قابلیت استفاده در صنایع داروسازی را ندارد. زیرا پکتین مورد استفاده در صنعت داروسازی نباید بعد از هیدرولیز کمتر از ۶/۷٪ گروه متوکسیل و ۷۴٪ گالاکتورونیک اسید داشته باشد (ابراهیم زاده و آزاد بخت ۲۰۰۶). پژوهش حاضر با پژوهش ما و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت ندارد (ما و همکاران ۲۰۱۳).

بررسی درجه استریفیکاسیون

درجه استریفیکاسیون پکتین استخراج شده از پوست و کلاک کدو تیمارهای منتخب در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ - درجه استریفیکاسیون پکتین استخراج شده از

تیمارهای منتخب پوست و کلاک کدو حلوايي

Table 3- Amount of estrification of extracted pectin from selected treatments of skin and cap of pumpkin

	Skin	Cap
Amount of estrification	44.3±0.75 ^a	41.46±0.28 ^b

Values are reported as mean ± standard deviation, same letters are no significant difference Cap ($p < 0.05$)

از مهم‌ترین پارامترهای تعیین کننده کاربرد پکتین درجه استریفیکاسیون آن می‌باشد که بنا به تعریف به درصد گروه‌های کربوکسیل استری شده با متانول اطلاق می‌شود (سانتوس و همکاران ۲۰۱۳). درجه‌ی استریفیکاسیون (درصد متوکسیل) یکی از ویژگی‌های مهم کیفی پکتین از نظر موارد استفاده در صنایع غذایی و شرایط تولید ژل توسط پکتین می‌باشد. بسته به درجه استریفیکاسیون، پکتین‌ها به دو گروه پکتین با درجه استریفیکاسیون بالا (با درجه استری بالای ۵۰٪)

ویژگی‌های امولسیفایری پکتین استخراج شده از پوست و کلاهِک کدو حلوایی در جدول ۴ نشان داده شده است.

با پژوهش امگاہ و همکاران مطابقت دارد (امگاہ و همکاران ۲۰۰۸).

بررسی ویژگی‌های امولسیفایری

جدول ۴- پایداری امولسیون محلول پکتین (۰.۵٪) پوست و کلاهِک کدو حلوایی در زمان‌های مختلف

Table 4- Stability of pectin emulsion (0.5%) of skin and cap of pumpkin in different times

Pectin Source	Emulsifier activity (%)	Emulsifying activity on the first day C° of storage at 4 and 23		Emulsifying activity on the tenth C° day of storage at 4 and 23	
		4°C	23°C	4°C	23°C
Skin	38.2±0.76 ^a	90.2±2.1 ^{Aa}	77.3±1.25 ^{Ba}	85.2±1.87 ^{Ca}	49.2±1.01 ^{Ca}
Cap	35.2±0.12 ^a	82.4±1.7 ^{Ab}	72.2±1.44 ^{Bb}	78.4±1.73 ^{Cb}	42.32±1.24 ^{Cb}

Values are reported as mean ± standard deviation, same letters are no significant difference Cap (lowercase letters in the column and uppercase letters in the row) (p<0/05).

روز اول و روز دهم به ترتیب به ۸۵/۵ و ۴۹/۲٪ می‌باشد که نشان دهنده‌ی کاهش پایداری امولسیون در دماهای بالاتر و اختلاف معنی‌داری در سطح $P<0/05$ است. راجی و همکاران (۲۰۱۷)، نیز اعلام داشتند پکتین استخراجی از پوست خربزه به روش اسیدی ژل ضعیفی تولید نمود و پایداری امولسیون مذکور در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از ۲۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود (راجی و همکاران ۲۰۱۷). این که امولسیون‌ها در دماهای پایین پایدارتر هستند توسط بسیاری از محققین تأیید شده است (ما و همکاران ۲۰۱۳؛ یاپو و همکاران ۲۰۰۷). پژوهش حاضر با نتایج پیشین مطابقت دارد.

بررسی ویسکوزیته

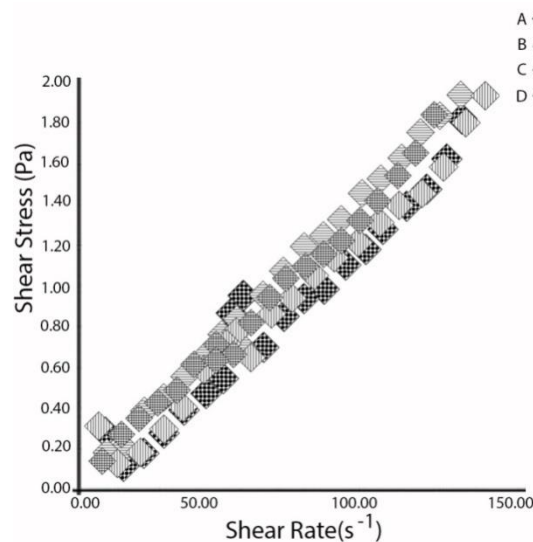
نتایج ویسکوزیته پکتین استخراج شده از پوست و کلاهِک کدو حلوایی در جدول ۵ نشان داده شده است.

پایداری امولسیون‌های پکتین استخراج شده از پوست و کلاهِک کدو حلوایی در روز اول و روز دهم در دمای ۴ و ۲۳ درجه سانتی‌گراد بررسی شده است. ویژگی‌های امولسیفایری پکتین وابسته به حضور گروه‌هایی چون استیل، اسید فرولیک و پروتئین می‌باشد (راجی و همکاران ۲۰۱۷). طبق نتایج بدست آمده پکتین استخراجی از پوست کدو فعالیت امولسیفایری بهتر و اختلاف معنی‌داری در سطح $P<0/05$ را نسبت به کلاهِک کدو داشته است. روش ماکروویو به دلیل کوتاه بودن مدت زمان استخراج، تأثیر کمتری بر روی ساختار پکتین حاصله دارد و ساختار پکتین و پیوندهای استری کمتر تخریب می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود پایداری امولسیونی پوست کدو حلوایی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در روز اول و روز دهم به ترتیب برابر با ۹۰/۲٪ و ۷۷/۲٪ می‌باشد. که نشان دهنده‌ی پایداری بالای امولسیون می‌باشد، اما پایداری امولسیونی در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد در

جدول ۵- مدل‌های رئولوژیکی محلول‌های پکتین پوست و کلاهِک کدو حلوایی در غلظت‌های مختلف

Table 5 - Rheological models of pectin solutions of skin and cap of pumpkin in different concentrations

Concentration of Pectin Solution (W/V %)	pectin solutions of skin of pumpkin				pectin solutions of cap of pumpkin			
	Model	Flow index (n)	Correlation coefficient (R ²)	Apparent viscosity K (Pa.s)	Model	Flow index (n)	Correlation coefficient (R ²)	Apparent viscosity K (Pa.s)
0.1	Newtonian	1	0.99	0.0145	Newtonian	1	0.93	0.0172
0.5	Newtonian	1	0.95	0.0149	Newtonian	1	0.94	0.0176
1	Newtonian	1	0.92	0.0151	Newtonian	1	0.95	0.0182
2	Newtonian	1	0.99	0.0158	Newtonian	1	0.99	0.0188



شکل ۱- شاخص جریان غلظت‌های مختلف محلول پکتین پوست و کلاهک کدو حلوايي استخراج شده بوسيله ماکروویو A: ۰/۱ درصد، B: ۰/۵ درصد، C: ۱ درصد، D: ۲ درصد

Figure 1- Flow behavior of different concentrations of pectin solution of skin and cap of pumpkin extracted by microwave: A: 0.1%, B: 0.5%, C: 1%, D: 2%

رحیمی (۲۰۰۵). نتایج این تحقیق با نتایج عباسی و رحیمی (۲۰۰۵) مطابقت ندارد. همچنین محلول بدست آمده از پکتین کلاهک، ویسکوزیته بالاتری را نسبت به پکتین حاصل از پوست کدو دارد. وجود ساختارهایی با وزن مولکولی بیشتر در پکتین کلاهک را می‌توان علت این اختلاف ویسکوزیته دانست. چرا که ترکیبات با وزن مولکولی بالا قابلیت بیشتری در جذب آب و ایجاد ویسکوزیته دارند (امین رستابی و نصیرپور ۲۰۱۶). مدل پیشنهادی در این تحقیق مدل نیوتونی بود زیرا برای همه‌ی نمونه‌ها R^2 مقدار بالای ۰/۹ را داشت. یعنی این مدل توانایی پیش بینی ۹۰ درصد از تغییرات صفات رئولوژیکی مربوط به نمونه‌های مورد مطالعه را داشت. در تحقیقی حسینی و همکاران (۲۰۱۶) اعلام داشتند پکتین استخراجی از پوست نارنج در غلظت‌های کمتر رفتار نیوتونی داشته و با افزایش غلظت پکتین رفتار رقیق شونده با برش غالب گردیده است. پژوهش حاضر با پژوهش حسینی و همکاران مطابقت دارد (حسینی و همکاران ۲۰۱۶).

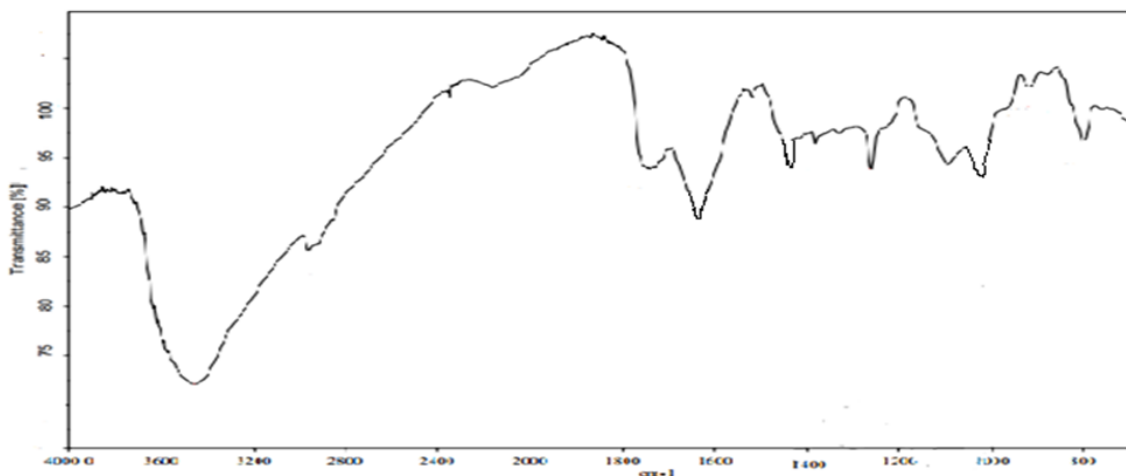
بررسی طیف‌سنجی مادون قرمز FT-IR

استفاده از طیف FT-IR از روش‌های نوین بررسی ساختار پکتین می‌باشد (سانتوس و همکاران ۲۰۱۳).

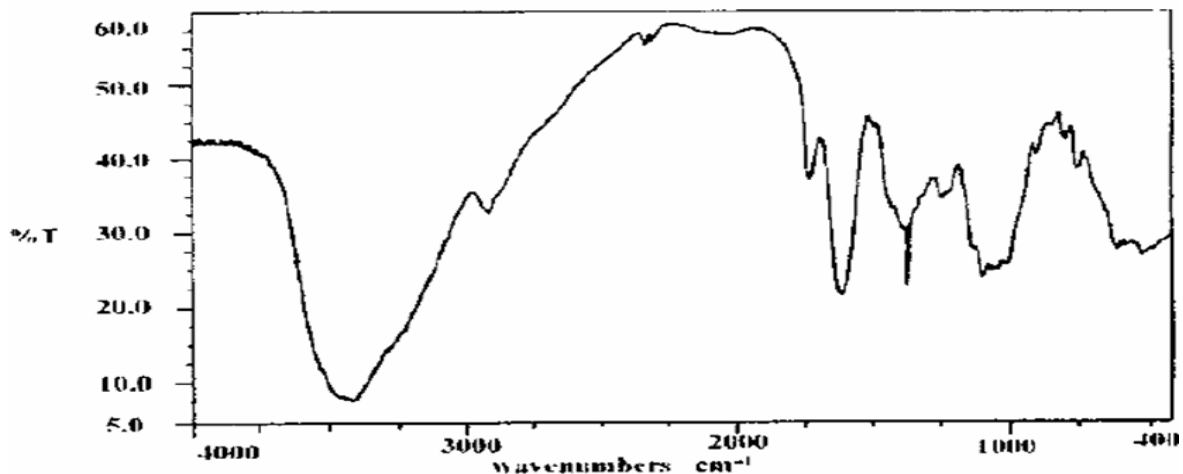
در شکل ۱ تغییرات تنش برشی بر حسب تغییر نرخ برش برای محلول‌های ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲٪ (وزنی / حجمی) پکتین برای نمونه‌های پکتین استخراج شده از کدو حلوايي نشان داده شده است. نتایج نشان داد ویسکوزیته همه محلول‌ها در محدوده نرخ برشی استفاده شده ثابت است که نشان دهنده شاخص جریان (n) برابر ۱ و رفتار نیوتونی این محلول می‌باشد. شاخص جریان و ضریب قوام برای هر محلول در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ می‌توان دریافت که با افزایش غلظت محلول پکتین، ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد. به طور کلی هیدروکلونیدهایی مانند پکتین، به دلیل ساختار مولکولی مختلف موجود در آنها قادر به ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین می‌باشند (کنتوگیورگوس و همکاران ۲۰۱۲). اما رفتار محلول پکتین در غلظت‌های مختلف متفاوت نیست به طوری که، پکتین در چهار غلظت ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲٪ (وزنی / حجمی) دارای رفتاری نیوتونی بوده و با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته ثابت می‌ماند. عباسی و رحیمی (۲۰۰۵) نیز بیان کردند امکان تغییر رفتار تحت تأثیر غلظت صمغ وجود دارد که در بسیاری از ترکیبات هیدروکلونیدی دیده می‌شود (عباسی و

استریفیه شده و آزاد را نشان می‌دهد، جذب در طول موج ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ بر سانتی‌متر نشان‌دهنده باندهای R-O-R و C-C و پیک‌های ریز در ناحیه ۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ بر سانتی‌متر مربوط به رطوبت جذب شده توسط پکتین می‌باشد. پیک موجود در طول موج ۳۰۰۰ بر سانتی‌متر نشان دهنده گروه‌های متیل استریفیه شده است. مطالعات دیگر نشان داده است تمرکز این دو پیک اول در یک ناحیه مربوط به درجه متیلاسیون می‌باشد. شدت باندهای استری با افزایش درجه استریفیکاسیون افزایش یافته در حالی که شدت باند مربوط به زنجیره‌های کربوکسیلیک کاهش می‌یابد (لفگرن و هرمانسون ۲۰۰۷). به طور کلی ناحیه جذبی قوی بین ۳۳۰۰-۳۵۰۰ بر سانتی‌متر مربوط به گروه‌های OH موجود در قسمت‌های مختلف ساختار پلیمر گالاکتورونیک اسید است (منسور و همکاران ۲۰۰۱). به مجموع پیک‌های ناحیه بین ۸۰۰ و ۱۲۰۰، منطقه اثر انگشت گویند که یک ناحیه منحصر به فرد می‌باشد (لفگرن و هرمانسون ۲۰۰۷)، و تفسیر آن دشوار است.

پیک‌های مربوط به پکتین استخراج شده از کلاهک و پوست باهم تفاوت داشتند که می‌توان نتیجه گرفت پکتین حاصل از کلاهک کدو نسبت به پکتین استخراجی از پوست کدو از لحاظ ساختاری متفاوت است. پکتین کلاهک از لحاظ ساختاری شباهت بیشتری به پکتین استاندارد دارد. در شکل ۲ پیک مشخص در موج ۱۶۳۷ بر سانتی‌متر مربوط به ارتعاشات کششی پیوند O-H و پیک ۱۴۵۰ بر سانتی‌متر مربوط به ارتعاشات خمشی پیوند C-O-H می‌باشد. پیک واضح در موج ۱۲۶۷ بر سانتی‌متر ارتعاشات کششی غیر قرینه مربوط به پیوند C-O-C بوده و حاکی از وفور گروه‌های متوکسی می‌باشد. پیک مشخص در محدوده ۱۰۳۲ بر سانتی‌متر نیز که ناشی از ارتعاشات کششی قرینه مربوط به پیوند C-O-C می‌باشد، نیز این پدیده را حمایت می‌نماید. پیک ۱۷۳۵ بر سانتی‌متر نیز ارتعاشات کششی C=O را نشان داده که حاکی از حضور گروه‌های استیل در ساختار پکتین می‌باشد (امین رستابی و نصیرپور ۲۰۱۶). در شکل ۳ پیک در طول موج ۱۶۵۰ بر سانتی‌متر و ۱۷۵۰ بر سانتی‌متر گروه‌های کربونیل



شکل ۲- طیف سنجی FTIR پکتین استخراج شده از کلاهک کدو حلوایی از ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ بر سانتی‌متر
Figure 2- FTIR spectrum of pectin extracted from pumpkin cap ranging from 400 to 4000 cm^{-1}



شکل ۳- طیف سنجی FTIR پکتین استاندارد از ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ برسانتی متر

Figure 3-FTIR spectrum of standard pectin from 400 to 4000 cm^{-1}

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روش میکروویو برای استخراج پکتین از پوست و کلاهِک کدو حلوائی استفاده شد. نتایج نشان داد بالاترین راندمان استخراج و درصد اسیدگالاکتورونیک مربوط به پکتین استخراج شده از کلاهِک می‌باشد. پکتین حاصل از تفاله کدو حلوائی از نوع کم‌استر بود. این نوع پکتین واکنش‌زایی بیشتری در مقابل یون‌های کلسیم داشته بنابراین در حضور مواد محلول ژل تشکیل می‌دهد و همچنین محلول آن در

غلظت‌های مختلف دارای رفتار نیوتنی است، و با افزایش غلظت تغییر رفتار نمی‌دهد. پکتین کلاهِک از لحاظ ساختاری شباهت بیشتری به پکتین استاندارد دارد. با توجه به نتایج به دست آمده در مورد راندمان تولید و خصوصیات پکتین استخراجی از پوست و کلاهِک کدو حلوائی، به نظر می‌رسد می‌توان از ضایعات کدو حلوائی در کنار ضایعات سایر میوه‌ها به عنوان منبعی از پکتین برای تأمین نیاز صنعت غذا استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- انصاری م و حجتی م ر، ۱۳۹۷. بهینه‌سازی استخراج و میکروانکپسولسیون آنتوسیانین حاصل از پوست پیاز قرمز و کلم قرمز. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸(۱)، ۷۳-۹۱.
- پورمحمدی و قره‌خانی م، ۱۳۹۹. تاثیر شرایط مختلف استخراج آب زیربحرانی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار ترکیبات فنلی عصاره تفاله انار. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۳۰(۲)، ۱۲۹-۱۴۱.
- سکونی رواسان م و آسفی ن، ۱۳۹۷. استخراج صمغ از گیاه بامیه (*Okra*) و بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آن. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸(۴)، ۳۱-۴.
- Abbasi S and Rahimi S, 2005. Influence of concentration, temperature, pH and rotational speed on the flow behavior of Iranian tragacanth gum (*Katira*) solution. *Journal of Food Science and Technology* 2(4): 29-42.
- Aina VO, Mustapha MB, Mamman OA, Amina Z, Hauwa UMS and Yagana BA, 2012. Extraction and characterization of pectin from peels of lemon (*Citrus limon*), grape fruit (*Citrus paradise*) and sweet orange (*Citrus sinensis*). *British Journal of Pharmacology and Toxicology* 3(6): 259-262.
- Amin Rastabi J and Nasiripour A, 2016. Comparison of Some Physicochemical and Functional Properties of Farsi Gum and Other Rosaceae Plant Gum Exudates. *Journal of Science and Engineering Elites* 2(1): 110-118.

- Bagherian H, Ashtiani FZ, 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* 50:1237-1243.
- Baiano A, 2014. Recovery of biomolecules from food wastes- A review. *Molecules* 19(9): 14821-14842.
- Blumenkrantz N and Asboe-Hansen G, 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry* 54(2): 484-489.
- Bochek AM, Zabivalova NM and Petropavlovskii GA, 2001. Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid. *Russian Journal of Applied Chemistry* 74(5): 796-799.
- Braga MEM, Moreschi SRM and Meireles MAA, 2006. Effects of supercritical fluid extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. starches. *Carbohydrate Polymers* 63(3): 340-346.
- Chan SY and Choo WS, 2013. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry* 141(4): 3752-3758.
- Dalev PG and Simeonova LS, 1995. Emulsifying properties of protein-pectin complexes and their use in oil-containing foodstuffs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 68(2): 203-206.
- Ebrahimzade MA and Azadbakht M, 2006. Pectin extraction and comparison of yield, degree of esterification and galacturonic acid in citrus peel. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 16(54): 52-59.
- Emaga T H, Ronkart S N, Robert C, Wathélet B and Paquot M, 2008. Characterization of pectins extracted from banana peels under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry* 108(2): 436-471.
- Faravash RS and Ashtiani FZ, 2008. The influence of acid volume, ethanol-to-extract ratio and acid-washing time on the yield of pectic substances extraction from peach pomace. *Food Hydrocolloids* 22(1): 196-202.
- Ghahrae M, Khadiv- Parsi P, Kaffashi B, Momajjed A and Babae J, 2009. Microemulsion preparation from pumpkin seed oil (*cucurbita pepo*) as an oral drug carrier. *Journal of Medicinal Plants* 8(30): 44-53.
- Husseini SS, Khodaiyan F and Yarmand MS, 2016. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. *International Journal of Biological Macromolecules* 82: 920-926.
- Hussein S, khodaeyan jgny F and Brazandeh S, 2017. Extraction and Comparison of the Physicochemical Properties of Pectin Extracted from Pineapple, Samsuri and Galia Melon Peels Assisted by Microwave. *Iranian Journal of Food Science and Nutrition* 11 (4): 71-80.
- Kazemi M, Khodaiyan F, Labbafi M, Hosseini SS and Hojjati M, 2019. Pistachio green hull pectin: Optimization of microwave-assisted extraction and evaluation of its physicochemical, structural and functional properties. *Food Chemistry* 271: 663-672.
- Kontogiorgos V, Margelou I, Georgiadis N and Ritzoulis C, 2012. Rheological characterization of okra pectins. *Food Hydrocolloids* 29(2): 356-362.
- Kratchanova M, Pavlova E, Panchev I and Kratchanov C, 2012. Influence of microwave pretreatment of fresh orange peels on pectin extraction. *Progress in Biotechnology* 14: 941- 946.
- 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.
- Li W, Cui SW and Kakuda Y, 2006. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β -D-glucans. *Carbohydrate Polymers* 63(3): 408-416.
- Lofgren C and Hermansson AM, 2007. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels. *Food Hydrocolloids* 21(3): 480-486.
- Lopes da, Silva JA and Rao MA, 2006. Pectins: Structure, functionality, and uses. Pp. 353-411. In: Stephen AM Philips GO and Williams PA (eds). *Food polysaccharides and their applications*. 2nd ed. Boca Raton.
- Maran JP and Sivakumar V, Thirugnanasambandham K and Sridhar R, 2014. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydrate polymers* 101: 786-791.

- Ma SS-j, Yu X.-l, Zheng X.-x, Wang Q.-d, Bao and X.-m Guo, 2013. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. *Carbohydrate polymers* 98(1): 750-753.
- Monsoor MA, Kalapathy U and Proctor A, 2001. Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 74(2): 233-238.
- Raji Z, Khodaiyan F, Rezaei K, Kiani H and Hosseini SS, 2017. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *International Journal of Biological Macromolecules* 98: 709-716.
- Ralet O. 2011. Pectin Content of lime and lemon peel as extracted by nitric acid. *Journal of Food Science* 43(1): 72-73.
- Santos JDG, Espeleta AF, Branco A and de Assis SA, 2013. Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate polymers* 92(2): 1997-2001.
- Seixas FL, Fukuda DL, Turbiani FRB, Garcia PS, Carmen LO, Jagadevan S and et al, 2014. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food Hydrocolloids* 38: 186-192.
- Wai WW, Alkarkhi AF and Easa AM, 2009. Optimization of pectin extraction from durian rind (*Durio zibethinus*) using response surface methodology. *Journal of Food Science* 74(8): 637- 641.
- Wai WW, Alkarkhi AFM and Easa AM, 2010. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. *Food and Bioproducts Processing* 88(2): 209-214.
- Xu Y, Zhang L, Bailina YGeZ, Ding TYeX 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.
- Yapo B, Robert C, Etienne I, Wathélet 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.
- Yin X, You Q and Jiang Z, 2011. Optimization of enzyme assisted extraction of polysaccharides from *Tricholoma matsutake* by response surface methodology. *Carbohydrate Polymers* 86(3): 1358-1364.

Journal of Food Researches/vol.31 No.1, 2021/pp 177-190

<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>

DOI: 10.22034/fr.2021.39051.1727

Extraction of pectin from the skin and cap of the pumpkin by microwave method

M Darvishi¹ and S Yazdanpanah*²

Received: March 30, 2020 Accepted: November 3, 2020

¹MSc Graduated student of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran

²Assistant Professor, Department Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran

*Corresponding Author: Email: yazdanpanah2004@gmail.com

Introduction: Pectin is a complex sugar soluble and it use widely as a gelling and stabilizing agent, texturizer and emulsifier in the food industry with increasing production and processing of fruits and vegetables, is created many byproducts. Pumpkin skin and cap, often discarded as waste, are a valuable source of pectin. Therefore, its use for pectin production, in addition to producing a valuable product, can be beneficial from the aspect of economically and environmentally and it also reduces problems related to exclusion of waste. The use of acidified hot water with mineral acids is a traditional and widely used method of pectin extraction. The use of mineral acids not only causes corrosion of equipment and apparatus; it also follows environmental damage. Also this method be time- consuming and it reduces the quality of produced pectin. Therefore, it is necessary to replace this method with a better and newer method that minimizes the problems arising from it. The use of microwave waves has been one of the new methods of extraction that recently, it has received the much attention of researchers. This method has many advantages compared to traditional methods such as shorter process time, lower consumed solvent, higher production efficiency, producing higher quality product and spend of lower cost. The use of microwaves is one of the new methods of effective extraction of certain compounds. This method has many advantages over traditional methods, including a shorter process time, less solvent consumption, higher production efficiency, higher quality product production and lower cost. Purpose: In this study, pectin was extracted from the skin and cap of pumpkin by microwave waves and then its yield and physicochemical properties were compared.

Material and methods: In this study, the cap and skin of pumpkin were cut and crushed and was exposed to sunlight for 4 days to dry against air flow. Then was grinded the dried cap and uniformity powder was made from it. The obtained powder in packed containers, keep away from moisture. Extraction of pectin from pumpkin skin and cap using microwave done at 80 and 90 °C, with power of 20 watt and times of 10, 15, 20 and 30 min, pH 1.5 and 2 and ratio of sample to solvent 20 and 30 % w/v. Determination of galacturonic acid content of extracted pectin by colorimetric method, degree of esterification by titration, emulsion properties, rheological properties using rotational viscometer and FTIR spectroscopy to determine the presence of functional groups (such as OH, C- O- H, C- O- C gropes) to confirm the quality of extracted pectin was performed on selected treatments with higher yield. The results were analyzed based on a completely random design by ANOVA and in binary comparisons of t tests. Data analysis was performed at 5% confidence level using software of SPSS 16.

Results and discussion: The treatment obtained at constant power of 20 W, 90 °C for 30 minutes, 30 % w/v, was determined as theselected treatment, its extraction efficiency was 24.21 % in pumpkin skin and 3.24 % in cap. The extraction efficiency of pectin has been increased by

increasing the temperature from 80 °C to 90. The extraction efficiency increased by increasing the extraction time, so that the highest extraction efficiency occurred in 30 minutes. The extraction efficiency for pH= 1.5 is more than a condition that was used of pH= 2. The extraction efficiency increased by increasing the ratio of solid to liquid from 20% to 30%. The percentage of galacturonic acid in pumpkin skin and cap was 38.04% and 46.6%, respectively. The cap pectin has a higher purity than the pumpkin skin pectin. According to the degree of obtained esterification for the samples, pumpkin pectin is a low ester group. The highest degree of esterification was in the extracted sample from pumpkin skin (44.3). Using higher temperature for extraction reduces the degree of esterification, this is due to the pectin de- esterification at high temperatures. What ever the pH of the extraction solution be lower, the resulting pectin will have a lower degree of esterification. Emulsion stability of pumpkin skin at 4 °C on first day and tenth day was 90.2% and 77.2%, respectively, indicating high emulsion stability, which indicates the high stability of the emulsion. But emulsion stability at 23 °C on the first day of the tenth day is 85.5% and 49.2% respectively, that indicates a decrease in emulsion stability at higher temperatures. The extracted pectin solution from the pumpkin is not different at different concentrations, so that pectin had newtonian behavior (flow index (n) equal 1) at four concentrations of 0.1, 0.5, 1 and 2% w/v and the viscosity remains constant with increasing shear rate. The obtained solution from cap pectin has a higher viscosity than obtained pectin from pumpkin skin. The reason for this viscosity difference can know presence of structures with higher molecular weight in the cap pectin. Because compounds with high molecular weight have more ability to absorb water and create viscosity. The suggested model in this study was the newtonian model because for all samples, R^2 had a value above 0.9. That's mean, this model had the ability to predict 90% from changes in rheological traits related to the studied samples. FT- IR results showed that the peaks of extracted pectin from the cap and skin were different together. That can be concluded that the produced pectin from the pumpkin cap has different structure from the extracted pectin from the pumpkin skin. The cap pectin has structurally more similar to the standard pectin.

Conclusion: Therefore, from this kind of agricultural waste can use as a promising source in pectin production for provide the needs of the food industry.

Keywords: Extraction, Microwave, Pectin, Pumpkin