

بررسی و مقایسه خصوصیات امولسیون، رئولوژیکی و طیف سنجی FT-IR پکتین استخراجی از پوست و کلاهی کدو حلوایی

منوچهر درویشی¹، صدیقه یزدان پناه^{1*}

1- گروه صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

(تاریخ دریافت: 98/11/26 تاریخ پذیرش: 99/03/26)

چکیده

امروزه پکتین به طور گسترده‌ای به عنوان عامل ژل‌کننده و پایدارکننده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر، استخراج پکتین از پودر تفاله‌های خشک شده پوست و کلاهی کدو حلوایی با دو حلال متفاوت اسیدکلریدریک و آب انجام شد. در نهایت از هر روش یک تیمار که بالاترین بازده تولید پکتین را داشت، انتخاب شد و سپس آزمون‌های درصد اسیدگالاکتورونیک، درجه‌استری، پایداری و فعالیت امولسیفایری، ویسکوزیته و طیف سنجی FT-IR بر روی تیمارهای منتخب انجام گرفت. بالاترین بازده در حلال اسیدی (pH برابر 2/5) در تیمار کلاهی کدو حلوایی (23/03%) و در حلال آب (به مدت 3 ساعت) در تیمار کلاهی کدو حلوایی (17%) در دمای 90 درجه سانتی‌گراد، مدت زمان 90 دقیقه و نسبت حلال به ماده خشک 1:30 میلی‌لیتر بر میلی‌گرم تعیین گردید. طبق نتایج بدست آمده درصد اسیدگالاکتورونیک، فعالیت امولسیفایری و ویسکوزیته مربوط به تیمار استخراج شده با حلال اسیدی بیشتر از پکتین استخراج شده با حلال آب بود و در سطح $p < 0/05$ معنی‌دار بود. بالاترین درصد اسیدگالاکتورونیک در پکتین استخراج شده از تیمار کلاهی کدو حلوایی در حلال اسیدی تعیین گردید. بالاترین درجه استریفیکاسیون، فعالیت و پایداری امولسیفایری در پکتین استخراج شده از تیمار پوست در حلال اسید مشاهده شد. پکتین استخراج شده از تیمار کلاهی کدو حلوایی ویسکوزیته بالاتری نسبت به پکتین تیمار پوست نشان داد. ویسکوزیته‌ی همه‌ی محلول‌ها در محدوده‌ی نرخ برشی ($0/05-200 \text{ r}(\text{s}^{-1})$) استفاده شده، ثابت بود که نشان دهنده‌ی شاخص جریان (n) برابر 1 و رفتار نیوتونی این محلول می‌باشد.

کلید واژگان: بازده استخراج، پکتین، درجه استریفیکاسیون، کدو حلوایی، طیف سنجی FTIR¹.

* مسئول مکاتبات: yazdanpanah2004@gmail.com

1. Fourier-transform infrared spectroscopy

1- مقدمه

پکتین یک هتروپلی ساکارید مشتق شده از قند و اسید می باشد که از ساختار ژلاتینی موجود در میوه و سبزیجات بدست می آید. این ترکیب در دیواره سلولی گیاهان و در لایه‌ای بین سلول‌ها که لاملای میانی نامیده می شود، یافت شده و نقش مهمی را به عنوان ماده سیمانی ایفا می کند. طبق گزارشات، به طور کلی در میان پلی- ساکاریدهای استخراج شده از مواد گیاهی پکتین مقدار بالایی را به خود اختصاص می دهد [1]. پکتین یک افزودنی غذایی طبیعی بوده که به عنوان قوام دهنده، پایدارکننده، امولسیفایر، بافت دهنده، ژل کننده و کاربردهای دیگر شامل جایگزین چربی، سالادها، بستنی و محصولات گوشتی امولسیفیه شده در صنعت غذا استفاده می شود [2].

عمدتاً به منظور تولید پکتین تجاری از تفاله سیب و پوست مرکبات استفاده می شود اما امروزه علاوه بر این منابع اصلی، سایر منابع کشاورزی از قبیل تفاله هلو، طبق آفتابگردان، پوسته غلاف کاکائو، پوست موز و سویا نیز برای تولید پکتین به کار برده شده است [3، 4، 6، 7]. پکتین در همه گیاهان وجود دارد اما میزان و ترکیب شیمیایی آن بسته به گونه گیاهی، واریته، رسیدگی، بخش گیاه، بافت و شرایط رشد گیاه متفاوت است [8]. روش‌های مختلفی چون استخراج آبی، اسیدی، استخراج به وسیله امواج مایکروویو و استفاده از فراصوت برای تولید پکتین از منابع آن مورد استفاده قرار می گیرد. در بازده استخراج پکتین عوامل مختلفی مؤثر هستند. در استخراج آبی دمای استخراج، زمان استخراج و نسبت جامد/مایع و در استخراج اسیدی علاوه بر دما، زمان و نسبت جامد/مایع، میزان pH نیز در راندمان استخراج مؤثر است. کنترل دقیق درجه حرارت استخراج از چندین جهت حائز اهمیت است. اسید داغ در مقایسه با محلول اسیدی با درجه حرارت‌های پایین‌تر، مواد پکتیکی نامحلول را در مدت زمان

هضم کوتاه‌تری به حالت محلول در می آورد. همچنین انحلال پکتینیک اسیدهای حل شده در محلول داغ سریع‌تر انجام می شود. از سوی دیگر اسید داغ باعث تجزیه مواد پکتیکی استخراج شده می شود. در درجه حرارت‌های بالای 80 درجه سانتی‌گراد این واکنش سریع‌تر انجام می شود. از این رو محدوده دمایی 60 تا 90 درجه سانتی‌گراد توسط بسیاری از محققین برای استخراج به کار برده می شود [9].

مصباحی و همکاران [10] مطالعه‌ای را برای مقایسه خصوصیات کارکردی پکتین حاصل از مرکبات و چغندر انجام دادند. یاپو² و همکاران [11] پکتین را از پالپ چغندر قند در یک محیط اسیدی و تحت شرایط مختلف pH، درجه حرارت و زمان، استخراج کردند. لیو³ و همکاران [12] پکتین را از پوست شاخه درخت توت سفید، فرآورده جانبی حاصل از صنعت پرورش کرم ابریشم، استخراج کردند.

تقریباً تمام ترکیبات گیاهی که مصرف خانگی دارند، دارای ضایعات هستند که دور ریخته شده و از بین می روند. کدو حلوائی با نام علمی *Langenaria Vulgaris* نوعی سبزی از خانواده *Cucurbitaceae* است که انواع مختلفی دارد و به طور سنتی در آسیا مورد استفاده قرار می گیرد. بعد از جمع‌آوری دانه‌ها، باقی‌مانده کدو حلوائی شامل پوست و کلاهک آن، قابلیت خوراکی نداشته و جزء ضایعات کشاورزی محسوب می شوند. ضایعات کدو حلوائی در بهترین حالت به مصرف دام می رسد و در غیر این صورت باعث آلودگی محیط زیست می شود و یا هزینه‌ای را برای زارع جهت جابه‌جایی از مزرعه دربر دارد [13]. بنابراین، در این پژوهش پکتین از ضایعات کدو حلوائی (پوست و کلاهک) با دو حلال متفاوت اسیدکلریدریک و آب استخراج گردید و تأثیر پارامترهای فرآیند استخراج بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی آن مورد مطالعه قرار گرفت.

2. Yapo

3. Liu

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

کدو⁴ انواع مختلفی دارد که در این تحقیق برای تهیه مواد اولیه از کدو حلوائی با نام علمی *Cucurbita moschata* استفاده گردید که از بازار محلی شیراز خریداری شد. پتاسیم بروماید، کلریدریک اسید، متاهیدروکسی بی فنیل، اتانول 96 درصد، آب مقطر دیونیزه، سود، سدیم آزید، فنل فتالئین و سایر مواد شیمیایی که در سایر آزمون‌ها استفاده شده از شرکت مرک⁵، کشور آلمان خریداری گردید.

2-2- تهیه پودر کلاهِک و پودر پوست

کدو حلوائی

پوست و کلاهِک کدو حلوائی هر کدام جداگانه به خوبی با آب شستشو داده شد و به قطعات کوچک بریده شد. خرد شده و به مدت 4 روز در معرض آفتاب (دمای 38 درجه سانتی‌گراد، فصل تابستان) قرار داده شد تا در برابر جریان هوای طبیعی و رسیدن به رطوبت 2 درصد خشک گردد و به وزن ثابت برسد. سپس پوست و کلاهِک خشک شده را آسیاب (ML-320P، پارس خزر، ایران) کرده و با الک مش 60 از آن پودر یکنواختی تهیه شد. پودر به دست آمده در ظروف پلی اتیلنی در دمای 25 درجه سانتی‌گراد بسته‌بندی شده دور از رطوبت نگهداری شد.

2-3- استخراج پکتین با استفاده از حلال آب

استخراج پکتین از پوست و کلاهِک کدو حلوائی با استفاده از حلال آب طبق روش خان⁶ و همکاران (2015) با کمی تغییر انجام شد (شکل 1).

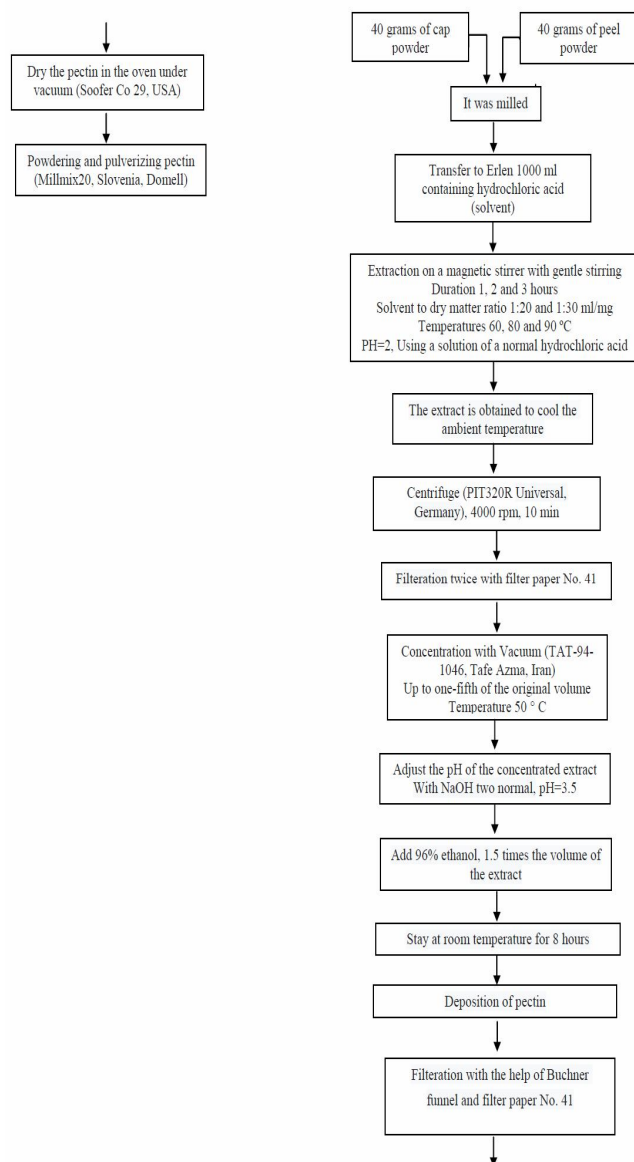


Fig 1 Extraction of pectin from peel and cap of pumpkin using water solvent

2-4- استخراج پکتین با استفاده از حلال اسید

کلریدریک

استخراج پکتین از پوست و کلاهِک کدو حلوائی با استفاده از حلال اسید کلریدریک در شکل 2 نشان داده شده است [16].

4. Pumpkin

5. Merck

6. Khan

2-6- گالاکتورونیک اسید

با استفاده از معرف 3، 5- دی‌متیل‌فنیل، گالاکتورونیک‌اسید با روش کالریمتریک اندازه‌گیری شد. به لوله‌های آزمایش حاوی 1 میلی‌لیتر نمونه (200 میکروگرم بر میلی‌لیتر) با 6 میلی‌لیتر محلول 0/125 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 6 دقیقه در آب جوش قرار گرفتند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها در حمام آب-یخ، 1 میلی‌لیتر معرف به هر یک از لوله‌های آزمایش اضافه شده و به هم‌زده شدند، سپس با استفاده از اسپکتروفوتومتر (Shimadzu-UV-1700، ژاپن) حداکثر جذب نمونه‌ها در طول موج 520 نانومتر خوانده شد. با مقایسه مقدار جذب خوانده شده با منحنی استاندارد، مقدار گالاکتورونیک‌اسید محاسبه گردید. برای رسم منحنی استاندارد گالاکتورونیک‌اسید، از محلول دی-گالاکتورونیک‌اسید در آب مقطر دیونیزه، رقت‌های مختلف از 0 تا 250 میکروگرم در میلی‌لیتر تهیه شده و جذب نمونه‌ها در طول موج 520 نانومتر خوانده شد. در پایان نمودار جذب در برابر غلظت رسم گردید [19].

2-7- درجه استریفیکاسیون

اندازه‌گیری درجه استری شدن پکتین مطابق روش بوشک⁷ و همکاران (2001) انجام شد [20]. برای این کار 0/2 گرم از نمونه پکتین‌های استخراج شده به یک ارلن 250 میلی‌لیتری منتقل شد و با 2/5 میلی‌لیتر اتانول 96 درصد خیسانده شد. 20 میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه عاری از دی‌اکسیدکربن 4 درجه سانتی‌گراد به ظرف اضافه شد و به مدت حدود 2 ساعت بر روی همزن مغناطیسی بهم‌زده شد تا پکتین کاملاً حل شده و کلوخه‌های آن باقی نماند. سپس به محلول حاصل 6 قطره معرف فنیل‌فتالین اضافه شد و با سود 0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ تیترا شد و حجم سود مصرف شده اول ثبت شد. pH محلول نیز در طول تیتراسیون با pH متر قرائت شد. به محلول خشتی شده در مرحله اول تیتراسیون (تیترا خشتی شدن) 10 میلی‌لیتر سود 0/5 نرمال اضافه شد. ارلن محکم با چوب پنبه لاستیکی در پوش‌گذاری شد و به مدت 2 ساعت دیگر بر روی همزن مغناطیسی هم‌زده

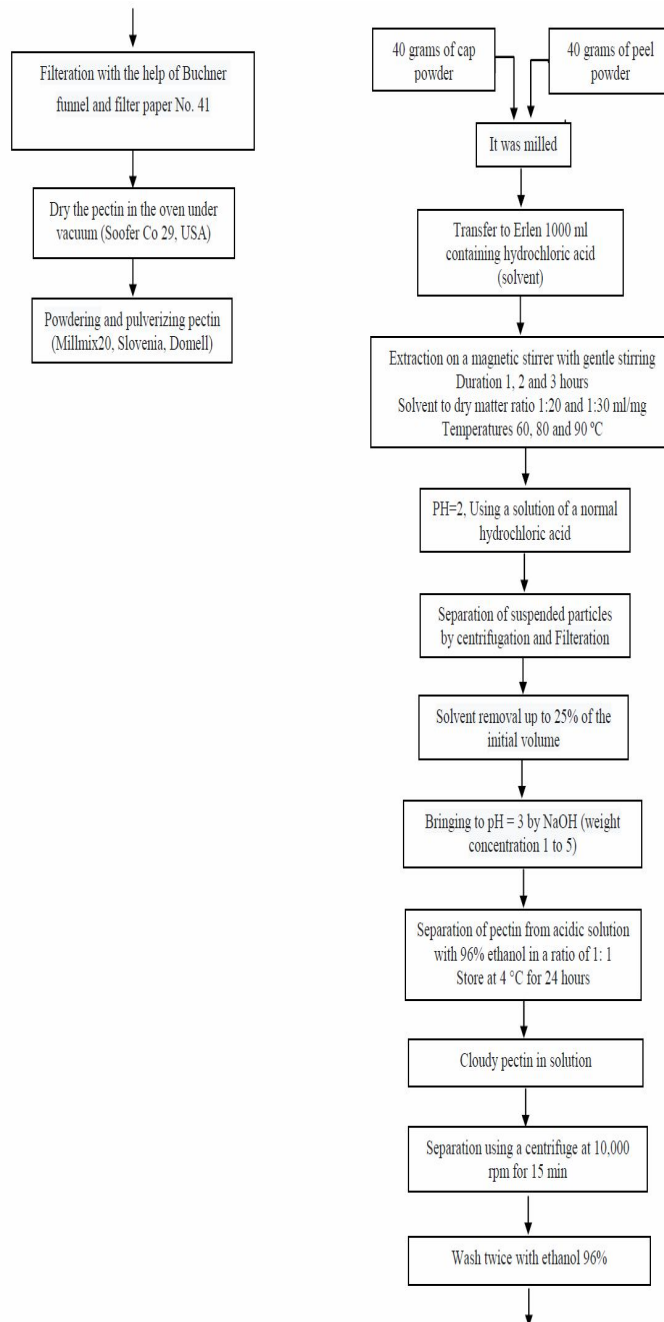


Fig 2 Extraction of pectin from peel and cap of pumpkin using acidic solvent

2-5- بازده تولید پکتین

برای بدست آوردن بازده تولید پکتین از معادله (1) استفاده گردید [2 و 18].

معادله (1) $(\text{وزن پودر خشک اولیه} \times 100) / \text{وزن پکتین خالص (گرم)} = \text{بازده تولید پکتین (\%)}$

7. Bocek

براساس حجم لایه امولسیون‌شده و حجم محلول انجام شد. امولسیون براساس اضافه شدن 3 میلی‌لیتر روغن خوراکی به 3 میلی‌لیتر محلول پکتین (0/5 درصد وزنی/حجمی) حاوی 0/02 درصد سدیم آزید برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها تهیه شد. سپس با استفاده از هموژنایزر 12000 دور در دقیقه به مدت 3 دقیقه در دمای اتاق هموژن می‌شود. نمونه‌ها در سانتیفریژ 527 دور در دقیقه، برای 3 دقیقه در دمای 23 درجه سانتی‌گراد سانتیفریژ شد. بعد از سانتیفریژ با توجه به حجم کل محلول و حجم لایه امولسیون شده، فعالیت امولسیون با استفاده از معادله (3) محاسبه شد. برای مطالعه پایداری امولسیون بعد از 1 و 30 روز در دمای نگهداری 4 و 23 درجه سانتی‌گراد، نمونه در سانتیفریژ 527 دور در دقیقه برای 5 دقیقه در دمای 4 و 23 درجه سانتی‌گراد سانتیفریژ شده و حجم لایه امولسیون اولیه بعد از هر دوره ذخیره‌سازی که توسط سانتیفریژ جدا شده توزین گردید و سپس پایداری امولسیون با استفاده از معادله (3) محاسبه شد [23].

معادله (3)

= فعالیت امولسیفایری (%)

$100 \times \text{حجم لایه امولسیون اولیه} / \text{حجم لایه امولسیون باقی‌مانده}$

2-10- خواص رئولوژیکی

در این تحقیق، برای بررسی ویسکوزیته، 4 محلول با غلظت‌های مختلف (0/1، 0/5، 1 و 2 درصد) از پکتین تولید شد. با توجه به روش حسینی و همکاران (2016) و اعمال تغییرات جزئی، ویسکوزیته‌ی غلظت‌های مختلف محلول پکتین به وسیله‌ی ویسکومتر چرخشی (Brookfield viscometer, DVII plus, Brookfield engineering آمریکا) و اسپیندل‌های شماره‌ی 60 و 61 در دمای 25 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (نمودار ویسکوزیته که شامل نرخ برش در محور افقی و ویسکوزیته در محور عمودی است، رسم گردید). برای هر آزمون حدود 20 میلی‌لیتر از نمونه به سیلندر اندازه‌گیری منتقل شد و تغییرات ویسکوزیته در برابر افزایش نرخ برش در محدوده‌ی (S⁻¹)¹ 0/05-200 اندازه‌گیری شد. برای آنالیز رفتار رئولوژیکی

شد تا پکتین صابونی شود. سپس 10 میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید 0/1 نرمال به ارلن اضافه و تا از بین رفتن رنگ صورتی هم‌زده شد. اسید اضافی با سود 0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیر شد و حجم سود مصرف شده دوم یادداشت شد [20]. درصد استری شدن با استفاده از معادله (2) محاسبه گردید.

معادله (2)

=درجه استریفیکاسیون (%)

$100 \times ((\text{حجم سود مصرف شده اول} + \text{حجم سود مصرف شده دوم})$

$/ \text{حجم سود مصرف شده دوم})$

2-8- طیف سنجی تبدیل فوریه به مادون قرمز

FTIR

نمونه پکتین حاصل از استخراج برای آنالیز مورد نظر با استفاده از پتاسیم برماید به کار گرفته شد. این آزمون برای تعیین حضور گروه‌های عاملی مانند کربوکسیل و هیدروکسیل جهت تأیید کیفیت پکتین استخراجی انجام شد. از طول موج‌های 400 تا 4000 بر سانتی‌متر استفاده شد [21]. برای انجام این آزمون از دستگاه مادون قرمز تبدیل فوریه FT-IR-VECTOR 22, Bruker (GmbH, Germany) استفاده شد. این دستگاه قادر است کل محدوده طیفی را با استفاده از سیستم تداخل سنج⁸ به‌طور همزمان به نمونه تابانده و سپس آن را تجزیه و تحلیل نماید. برای این منظور 1 میلی‌گرم از نمونه پکتین‌های استخراج شده را با پتاسیم برماید (مرک، آلمان) کاملاً خشک به نسبت 1 به 100 مخلوط کرده و مقداری از آن را در قالب فلزی مخصوص ریخته و با کمک دستگاه پرس هیدرولیک تحت فشار 8 تن بر سانتی‌متر مربع قرار داده شد تا یک قرص شفاف تشکیل گردد.

2-9- خصوصیات امولسیونی

فعالیت و پایداری امولسیونی پکتین براساس روش دالو⁹ و سیمونوا¹⁰ (1995) انجام شد [22]. تعیین فعالیت امولسیونی

8. Interferometer

9. Dalev

10. Simeonova

(90°C) بازده استخراج پکتین افزایش یافت. براساس این نتایج فاکتورهای دما و زمان مهمترین نقش در استخراج پکتین را داشتند. افزایش بازده با افزایش زمان استخراج احتمالاً به دلیل زمان مورد نیاز برای رهایش کامل پکتین به درون محلول می‌باشد. به عبارت دیگر حلال بایستی در ابتدا به درون بافت تفاله خشک نفوذ کرده، پکتین را در خود حل کند و متعاقباً آن را به بیرون از بافت تفاله تراوش کند. با افزایش درجه حرارت، ضریب نفوذ افزایش یافته و از این رو سرعت انتشار تقویت خواهد شد. استفاده از مقادیر زیاد آب منجر به کاهش گرانیوی محلول شده و از این رو حلال به صورت آزادانه به گردش در آمده و تماس آن با ماده استخراج شونده مؤثرتر انجام می‌شود [22].

2-3- انتخاب تیمار منتخب با استفاده از حلال

اسید کلریدریک بر اساس بازده استخراج

نتایج حاصل از بازده استخراج پکتین در دو تیمار پوست و کلاهِک کدو حلوایی توسط حلال اسید کلریدریک در جدول 2 نشان داده شده است. از مجموع 9 تیمار کلاهِک و 9 تیمار پوست، 1 تیمار برای کلاهِک کدو حلوایی (23/03%) و 1 تیمار برای پوست کدو حلوایی (20%) در دمای 90°C به مدت 90 دقیقه در pH برابر 2/5 و نسبت حلال به ماده خشک 1:30 میلی-لیتر بر میلی‌گرم، بالاترین بازده را نشان دادند و به‌عنوان تیمارهای منتخب انتخاب شدند. در این مطالعه از اسیدکلریدریک استفاده گردید که طبق نتایج محققین بهترین نوع اسید جهت استخراج پکتین از کدو حلوایی می‌باشد که نه تنها در بازده بلکه در خصوصیات فیزیکوشیمیایی مثل درجه استریفیکاسیون، وزن مولکولی، فعالیت و پایداری امولسیون و قدرت ژل حاصله از پکتین مؤثر می‌باشد [23 و 15]. با افزایش دما، زمان و نسبت جامد به مایع بازده استخراج افزایش پیدا کرد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج بسیاری از مطالعات پیشین هم‌خوانی دارد [24، 25، 26 و 27]. در پژوهش‌های دیگری که از اسید کلریدریک [6] و اسید نیتریک [3 و 28] و اسید سیتریک [29، 30 و 31] برای استخراج استفاده شده است مشخص شد که در استخراج پکتین با اسید با کاهش pH، بازده استخراج پکتین افزایش می‌یابد [29 و 30].

نمونه‌ها از مدل‌های نیوتونی¹¹ (معادله 4) و قانون توان¹² (معادله 5) استفاده گردید [21].

معادله (4)

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

در این معادله μ ویسکوزیته نیوتنی (ویسکوزیته واقعی) می‌باشد و واحد آن (Pa.s) استو τ تنش برشی (N/m^2) و $\dot{\gamma}$ نرخ برش (s^{-1}) می‌باشد.

معادله (5)

$$\tau = k \dot{\gamma}^n$$

در این معادله k ضریب قوام قانون توانی (Pa.s) و n شاخص رفتار جریان قانون توانی می‌باشد.

2-11- آنالیز آماری

جهت بررسی داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی به وسیله آنالیز واریانس ANOVA و در مقایسه‌های دو تایی از t تست استفاده شد. آنالیز داده‌ها در سطح اطمینان 5% با نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

3- بحث و نتایج

3-1- انتخاب تیمار منتخب با استفاده از حلال

آب بر اساس بازده استخراج

نتایج حاصل از بازده استخراج پکتین در دو تیمار پوست و

کلاهِک کدو حلوایی توسط حلال آب در جدول 1 نشان داده شده است. از بین 9 تیمار کلاهِک و 9 تیمار پوست، 1 تیمار برای کلاهِک کدو حلوایی (17%) و 1 تیمار برای پوست کدو حلوایی (15/26%) در شرایط استخراج دمای 90°C به مدت 3 ساعت به نسبت حلال به ماده خشک 1:30 میلی‌لیتر بر میلی‌گرم، بالاترین بازده را نشان دادند و به‌عنوان تیمارهای منتخب انتخاب شدند. طبق این نتایج با افزایش مدت زمان (90 دقیقه) و دمای عملیات

11. Newtonian
12. Power law

Table 1 Pectin extraction yeild of peel and cap of pumpkin at water extraction

Treatment	Temperature (°C)	Time (h)	Ratio of solvent to dry matter (ml/mg)	Skin (%)	Cap (%)
1	80	1	20	9.7±0.43	13.14±0.45
2	80	2	20	11.76±0.55	12.32±0.86
3	80	3	20	12.4±0.86	14±0.36
4	60	1	20	7.3±0.34	6.5±0.87
5	60	2	20	4.78±0.82	5.15±0.23
6	60	3	30	9±0.24	7.69±0.13
7	90	1	30	13.6±0.26	15.14±0.56
8	90	2	30	14.8±0.45	16.6±0.97
9	90	3	30	15.26±0.33	17±0.35

Values are reported as mean ± standard deviation.

Table 2 Pectin extraction efficiency in peel and cap of pumpkin at acidic extraction

Treatment	Temperature (°C)	Time (min)	Ratio of solvent to dry matter (ml/mg)	pH	Skin (%)	Cap (%)
1	80	80	20	1.5	9.5±0.36	11.5±0.45
2	80	80	20	2	10±0.87	12±0.61
3	90	80	20	2	12±0.45	14±0.12
4	80	90	20	2.5	17.8±0.55	19.7±0.23
5	90	90	20	2.5	19.83±0.16	21.83±0.43
6	90	80	30	1.5	7.87±0.38	9.65±0.89
7	80	80	30	2	11.54±0.21	13.5±0.84
8	90	90	30	2	14.37±0.63	15.7±0.56
9	90	90	30	2.5	20±0.58	23.03±0.44

Values are reported as mean ± standard deviation.

3-3- گالاکتورونیک اسید

درصد اسیدگالاکتورونیک پکتین استخراج شده از تیمار پوست و تیمار کلاهک کدو حلوایی که به عنوان تیمارهای منتخب، انتخاب گردیدند، در جدول 3 نشان داده شده است. میزان اسیدگالاکتورونیک در روش‌های استخراج با حلال اسید کلریدریک و آب و در دو تیمار پوست و کلاهک کدو حلوایی با همدیگر تفاوت معناداری در سطح $p < 0/05$ نشان دادند. بالاترین میزان اسیدگالاکتورونیک مربوط به کلاهک کدو حلوایی و استخراج اسیدی تعیین گردید. درصد اسیدگالاکتورونیک یکی از ویژگی‌های مهم کیفی از نظر میزان خلوص پکتین استخراج شده می‌باشد. درجه خلوص پکتین‌های استخراج شده به روش

استخراج و خالص‌سازی (رسوب‌دهی با الکل و غشای دیالیزکننده) نیز بستگی دارد [32]. عموماً ترکیبات دیواره سلولی استخراج شده، حاوی پکتین و مقادیر قابل ملاحظه‌ای از ترکیبات غیرپکتینی شامل قندهای مونومری، اولیگوساکاریدها و پلی-ساکاریدها با وزن مولکولی بالا است که با پلی‌ساکاریدهای خنثی که با پیوند کووالانسی به زنجیره‌های جانبی پکتین متصل هستند، متفاوت است [33]. سلولزهایی مانند آرابان‌ها¹³، گالاکتان‌ها¹⁴ و زایلان‌ها¹⁵ و نیز بسیاری از ترکیبات دیگری که در بافت‌های گیاهی وجود دارند، مخصوصاً زمانی که غلظت اتانول بالا باشد همراه با اتانول رسوب می‌کنند [9].

13. Arabans
14. Galactans
15. Xylans

Table 3 Amount of galactronic acid in selected treatments of peel and pumpkin cap

Solvent type	Skin	Cap
Acidic	33.34±0.82 ^{Ba}	36.25±0.75 ^{Aa}
Water	21.4±0.37 ^{Bb}	24±0.56 ^{Ab}

Values are reported as mean ± standard deviation, same small letter superscripts (the extraction method) in one column and capital letters (the type of extracted pectin) in one row indicates that there is no significant difference ($P < 0.05$)

نسبت به آفتابگردان بالاتر می‌باشد. پکتین حاصل از تفاله سیب، پوست لیمو و پالپ چغندر از نوع پکتین‌های با درجه متیلاسیون بالا می‌باشد [35]. نتیجه مشابه درجه استری کدو تنبل در پژوهش حاضر گزارش شده است.

3-5- خصوصیات امولسیفایری

پایداری امولسیون‌های پکتین استخراج شده از تیمار پوست و تیمار کلاهدک کدو حلوائی در طول ذخیره‌سازی در روز اول و روز دهم در دمای 4°C و 23°C مطالعه شد. نتایج فعالیت و پایداری امولسیفایری در جدول 5 نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده، پکتین استخراجی از تیمار پوست کدو حلوائی فعالیت امولسیفایری بهتری را نسبت به تیمار کلاهدک کدو حلوائی داشت. هرچه درجه استریفیکاسیون پکتین بیشتر باشد فعالیت امولسیونی و پایداری آن بیشتر می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود پایداری امولسیونی در دمای 4°C درجه سانتی‌گراد در روز اول و روز دهم به ترتیب برابر با $90/2$ درصد و $77/2$ درصد می‌باشد که نشان دهنده‌ی پایداری بالای امولسیون می‌باشد اما فعالیت امولسیونی در دمای 23°C درجه سانتی‌گراد در روز اول و روز دهم به ترتیب به $85/5$ و $49/2$ درصد می‌باشد که نشان دهنده‌ی کاهش پایداری امولسیون در دماهای بالاتر می‌باشد [36].

3-4- درجه استریفیکاسیون

درجه استریفیکاسیون پکتین استخراج شده از تیمار پوست و تیمار کلاهدک کدو حلوائی که به‌عنوان تیمارهای منتخب، انتخاب گردیدند، در جدول 4 نشان داده شده است. تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان داده‌اند. درجه استریفیکاسیون در تیمار پوست کدو حلوائی نسبت به تیمار کلاهدک آن بیشتر است. پکتین پوست و کلاهدک کدو حلوائی از دسته‌ی کم استر (درجه متیلاسیون کمتر از 50 درصد) می‌باشند. کمترین درجه‌ی استریفیکاسیون مربوط به تیمار استخراجی با حلال آب است. وانگ¹⁶ و همکاران در سال 2006 کاهش معنی‌دار درجه استری با افزایش زمان (1/5 به 3 ساعت) و دمای استخراج (70°C تا 85°C) در استخراج پکتین از پوست کاکائو با اسید هیدروکلریک و سیتریک و آب و اسیدسیتریک گزارش کردند. در مطالعه وانگ افزایش بیشتر نسبت نمونه به حلال تأثیری بر درجه استری شدن نداشته است. در درجه حرارت‌های بالا، زمان‌های طولانی‌تر و pH پایین بازده پکتین استخراج شده افزایش می‌یابد، اگرچه دپلمریزه شدن و استرزدایی نیز تحت این شرایط به سهولت پیش می‌رود [34]. زارعی (2008) گزارش کرده است که، میزان متوکسیل یا درجه استری در پکتین استخراج شده از کدو تنبل $47/4$ درصد بوده است. درصد متوکسی یا درجه استری کدو تنبل نسبت به تفاله سیب، پوست لیمو و پالپ چغندر پایین بوده ولی

16. Wang

Table 4 Degree of estrification of extracted pectin from selected treatments of peel and pumpkin cap

Solvent type	Skin	Cap
Acidic	40.26±0.34 ^{Aa}	37.32±0.38 ^{Ba}
Water	35.3±0.19 ^{Ab}	30.66±0.69 ^{Bb}

Values are reported as mean ± standard deviation, samesmall letter superscripts (the extraction method) in one column and capital letters (the source of pectin) in one row indicates that there is no significant difference (P<0.05).

Table 5 Stability of pectin emulsion (0.5%) at different parts / extraction methods

Solvent type - Pectin source	Emulsifier activity	1 st Day		10 th Day	
		4 °C	23 °C	4 °C	23 °C
Acidic-Pumbkin Skin	31.2±0.45 ^{Aa}	86.8±1.4 ^{Aa}	72.1±1.5 ^{Ba}	77.65±1.5 ^{Ca}	35.8±1.23 ^{Da}
Water- Pumbkin Skin	21.2±0.28 ^{Bb}	60.4±1.7 ^{Ab}	54.6±1.48 ^{Bb}	28.2±1.14 ^{Cb}	21.4±1.6 ^{Db}
Acidic- Pumbkin Cap	29.2±0.13 ^{Aa}	74.1±1.3 ^{Aa}	66.3±1.3 ^{Ba}	59.43±1.9 ^{Ca}	28.4±1.35 ^{Da}
Water- Pumbkin Cap	18.2±0.26 ^{Bb}	53.9±1.5 ^{Ab}	44.76±1.7 ^{Bb}	25.3±1.25 ^{Cb}	17.5±1.9 ^{Db}

Values are reported as mean ± standard deviation, samesmall letter superscripts (the extraction method) in one column and capital letters (the source of pectin) in one row indicates that there is no significant difference (P<0.05).

ویژگی‌های بافتی مواد غذایی بسیار مفید است و کمتر در بحث‌های رئولوژیکی به آن پرداخته شده است، ضرایب معادله بدست آمده از مدل‌های دینامیکی است. برای بدست آوردن این ضرایب نیاز به یک مدل ایده‌آل با ضریب R^2 بالا است [37]. چون نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش دارای رفتار نیوتنی با تنش تسلیم بودند از قانون نیوتن استفاده شد. مدل پیشنهادی در این تحقیق مدل نیوتنی بود زیرا برای همه‌ی نمونه‌ها R^2 بالای 0/97 گزارش شد. به‌طور کلی هیدروکلوئیدها مانند پکتین قادر به ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین می‌باشند [37]. این ویژگی بیشتر به ساختارهای ماکرومولکولی مختلف موجود در نمونه بستگی دارد [38]. با افزایش غلظت محلول پکتین ویسکوزیته نیز افزایش می‌یابد، اما رفتار محلول پکتین در غلظت‌های مختلف متفاوت نیست به‌طوری که، پکتین در چهار غلظت 0/1، 0/5، 1 و 2 درصدوزنی / حجمی دارای رفتاری نیوتنی بوده و با افزایش نرخ برش، ویسکوزیته ثابت می‌ماند. چن¹⁷ و همکاران (2014) که ویژگی‌های رئولوژیکی پکتین استخراجی از بامیهر مورد مطالعه قرار داده بودند، بیان داشتند که پکتین تولیدی از این محصول در غلظت‌های پایین (کمتر از 1 درصد وزنی/حجمی) دارای رفتار نیوتنی بوده ولی با افزایش غلظت، رفتار آن از نیوتنی به سودوپلاستیک تغییر می‌کند [40].

3-6- ویژگی‌های رئولوژیکی

شاخص جریان و ضریب قوام برای محلول‌های پکتین در جدول 6 نشان داده شده است. نتایج نشان داد ویسکوزیته‌ی همه‌ی محلول‌ها در محدوده‌ی نرخ برشی استفاده شده، ثابت است که نشان دهنده‌ی شاخص جریان (n) برابر 1 و رفتار نیوتونی این محلول‌ها بود. نمونه‌های استخراجی با حلال آب پایین‌ترین ویسکوزیته را داشتند اما این میزان از تغییرات ویسکوزیته از لحاظ آماری معنادار نبودند. همچنین محلول بدست آمده از پکتین تیمار کلاهک، ویسکوزیته‌ی بالاتری را نسبت به پکتین حاصل از تیمار پوست کدو داشت، که اختلاف معنی‌داری در سطح $p < 0/05$ نشان داد. ویسکوزیته محلول پکتین تنها به غلظت پکتین وابسته نیست بلکه به نوع پکتین، حلال، pH، دما و حضور نمک‌ها نیز وابسته می‌باشد. مولکول‌های پکتین با وزن ملکولی بالا تمایل به افزایش ویسکوزیته دارند و مولکول‌های خطی پکتین ویسکوزیته بالاتری از مولکول‌های فشرده پکتین نشان می‌دهند [37، 38 و 39]. ساختار سوم پکتین توسط قدرت یونی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و هنگامی که قدرت یونی افزایش می‌یابد ممکن است ویسکوزیته کاهش یابد زیرا بار زنجیره را خنثی می‌کند. اما، یون‌های چند ظرفیتی مانند کلسیم عموماً ویسکوزیته را افزایش می‌دهند زیرا اتصالات عرضی در زنجیره پلیمری ایجاد می‌شود. پارامترهایی که در تجزیه و تحلیل

ویسکوزیته ثابت می‌ماند و همین امر سبب می‌شود تا محلول پکتین در غلظت‌های پایین رفتار نیوتنی داشته باشد [41].

اما در غلظت‌های پایین (کمتر از 1 درصد حجمی/وزنی) فاصله بین بیوپلیمرهای پکتین زیاد بوده است، در نتیجه پیوندهای فیزیکی ضعیف بین آنها بسیار کمتر است و با افزایش نرخ برش

Table 6 Rheological models of pectin solutions from pumpkin peel and cap at different concentrations

Pectin Source			Skin				Cap			
Solvent type			Water		Acidic		Water		Acidic	
Concentration of Pectin Solution (W/V %)	model	n	R ²	K (Pa.s)	R ²	K (Pa.s)	R ²	K (Pa.s)	R ²	K (Pa.s)
0.1	Newtonian	1	0.93	0.011	0.99	0.0134	0.98	0.0132	0.99	0.0154
0.5	Newtonian	1	0.97	0.0118	0.98	0.0143	0.97	0.0143	0.99	0.0161
1	Newtonian	1	0.95	0.0121	0.94	0.0147	0.98	0.0125	0.97	0.0168
2	Newtonian	1	0.99	0.0139	0.97	0.0152	0.98	0.015	0.98	0.0171

کششی غیر قرینه مربوط به پیوند C-O-C بوده و حاکی از وفور گروه‌های متوکسی می‌باشد. پیک مشخص در محدوده 1032 بر سانتی‌متر نیز که ناشی از ارتعاشات کششی قرینه مربوط به پیوند C-O-C می‌باشد نیز این پدیده را حمایت می‌نماید. پیک طول موج 1735 بر سانتی‌متر نیز ارتعاشات کششی C=O را نشان داده که حاکی از حضور گروه‌های استیل در ساختار پکتین می‌باشد. شکل 4 پکتین استخراج شده از تیمار پوست کدو حلوایی نیز دارای پیک در طول موج 1650 بر سانتی‌متر و 1750 بر سانتی‌متر گروه‌های کربونیل استریفیه شده و آزاد را نشان می‌دهد، پیک ایجاد شده در طول موج 3200 تا 3600 بر سانتی‌متر مربوط به گروه‌های OH در مولکول پکتین بوده است، جذب در طول موج 1100 تا 1200 بر سانتی‌متر نشان دهنده باندهای R-O-R و C-C و پیک‌های ریز در ناحیه طول موج 2400 تا 3000 بر سانتی‌متر مربوط به رطوبت جذب شده توسط پکتین می‌باشد. پیک موجود در طول موج 3000 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 [16 و 42].

7-3- طیف سنجی مادون قرمز FT-IR

طبق نتایج بدست آمده از آزمون‌ها (درصد اسید گالاکتورونیک، درجه استریفیکاسیون، فعالیت امولسیفایری) پکتین استخراج شده از تیمار کلاهک و تیمار پوست کدو حلوایی در حلال اسیدکلریدریک، ارزش‌های بالاتری از حلال آب نشان دادند. بنابراین طیف سنجی FT-IR بر روی تیمارهای اسیدی انجام شد. استفاده از طیف FT-IR در شناسایی پکتین بسیار سودمند است. پیک‌های مربوط به پکتین استخراج شده از تیمار کلاهک و تیمار پوست باهم تفاوت داشتند که می‌توان نتیجه گرفت پکتین حاصل از تیمار کلاهک کدو حلوایی نسبت به پکتین استخراجی از تیمار پوست کدو حلوایی از لحاظ ساختاری متفاوت است و گروه‌های هیدروکسیل بیشتری در پکتین تیمار کلاهک (نشان دهنده خلوص بالاتر پکتین و اسید گالاکتورونیک بیشتر) مشاهده شد. در شکل 3 پکتین تیمار کلاهک کدو حلوایی دارای پیک‌هایی در طول موج‌های 3200 تا 3600، 1735، 1625، 1400، 1288، 1231 و 1032 بر سانتی‌متر بود، پیک عمده در محدوده 3600 تا 3200 بر سانتی‌متر گروه‌های متعدد OH را در ساختار پکتین نشان می‌دهد. پیک مشخص در طول موج 1637 بر سانتی‌متر مربوط به ارتعاشات کششی پیوند O-H و پیک 1450 بر سانتی‌متر مربوط به ارتعاشات خمشی پیوند C-O-H می‌باشد. پیک واضح در طول موج 1267 بر سانتی‌متر ارتعاشات

استخراج شده از تیمار پوست با استفاده از حلال اسید و پایین‌ترین آن مربوط به پکتین استخراج شده از تیمار کلاهدک با استفاده از حلال آب بود. بالاترین مقدار ویسکوزیته مربوط به پکتین تیمار کلاهدک حاصل از حلال اسیدی تعیین گردید. طیف سنجی FT-IR گروه‌های هیدروکسیل بالاتری که مربوط به حضور اسید گالاکتورونویک است را در پکتین تیمار کلاهدک استخراج شده از حلال اسیدی که بالاترین بازده را داشت، نشان داد. می‌توان بیان نمود که با استفاده از پکتین استخراجی از ضایعات کدو حلوایی حاصل از حلال اسید کلریدریک می‌توان پکتینی با رفتار نیوتنی و درجه ژلی مطلوب تهیه کرد. نتایج این تحقیق با در نظر گرفتن آزمایشات تکمیلی پتانسیل ورود به فاز صنعتی را دارد. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی پکتین بعد از آنزیم بری نمونه برای جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تاثیرگذار بر درجه استریفیکاسیون استخراج شود.

5- منابع

- [1] Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 266-277.
- [2] Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., and Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, 97(2), 703- 709.
- [3] Pagan, J., Ibarz, A., Llorca, M., Pagan, A., and Barbosa-Cánovas, G. V. (2001). Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. *Food Research International*, 34(7), 605- 612.
- [4] Sahari, M. A., Akbarian M, and Hamed, A. (2003). Effect of variety and acid washing method on extraction yield and quality of sunflower head pectin. *Food Chemistry*, 83(1), 43- 47.
- [5] Faravash, R. S., and Ashtiani, F. Z. (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.
- [6] Kalapathy, U., and Proctor, A. (2001). Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull

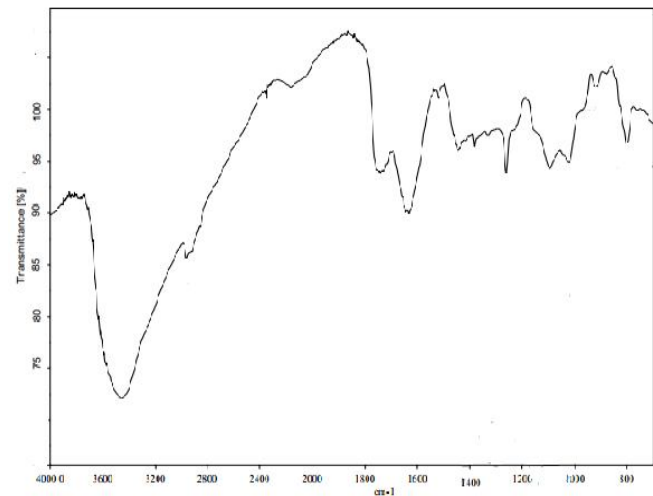


Fig 3 FTIR spectrum of pectin extracted from pumpkin cap in acidic conditions ranging from 400 to 4000 centimeters⁻¹

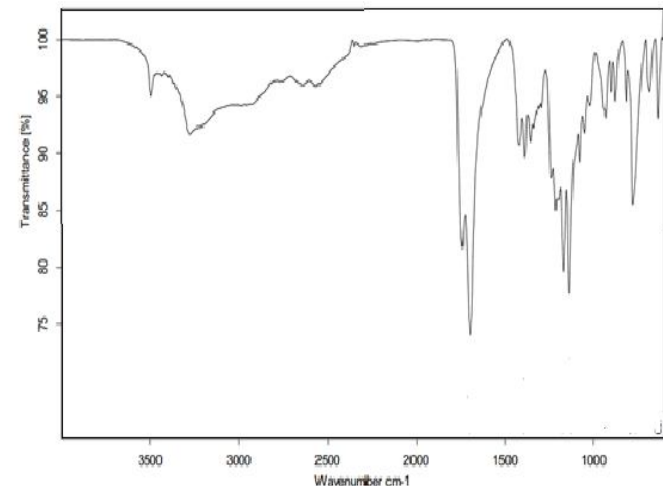


Fig 4 FTIR spectrum of pectin extracted from pumpkin peel under acidic conditions ranging from 400 to 4000 centimeters⁻¹

4- نتیجه گیری

در این پژوهش از دو حلال آب و اسید کلریدریک برای استخراج پکتین از پوست و کلاهدک کدو حلوایی استفاده شد و بهترین تیمارها که بالاترین بازده را در هر روش داشتند، انتخاب شدند. پکتین استخراج شده با استفاده از حلال اسید از تیمار کلاهدک کدو حلوایی بالاترین بازده را نشان داد. بالاترین فعالیت و پایداری امولسیون و درجه استریفیکاسیون مربوط به پکتین

- Pharmacia Lettre, 4(2), 558- 564.
- [17] Samavati, V., and Manoochehrizade, A. (2013). Polysaccharide extraction from *Malva sylvestris* and its anti-oxidant activity. *International journal of biological macromolecules*, 60, 427- 436.
- [18] Santos, J. D. G., Espeleta, A. F., Branco, A., and de Assis, S. A. (2013). Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate polymers*, 92(2), 1997-2001.
- [19] Blumenkrantz, N., and Asboe-Hansen, G. (1973). New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical biochemistry*, 54(2), 484- 489.
- [20] Bocek, A. M., Zabivalova, N. M., and Petropavlovskii, G. A. (2001). Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 74(5), 796- 799.
- [21] Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., and Yarmand, M. S. (2016). Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. *International journal of biological macromolecules*, 82, 920- 926.
- [22] Dalev, P. G., and Simeonova, L. S. (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.
- [23] Iglesias, M. T., and Lozano, J. E. (2004). Extraction and characterization of sunflower pectin. *Journal of Food Engineering*, 62(3), 215- 223.
- [24] Kurita, O., Fujiwara, T., and Yamazaki, E. (2008). Characterization of the pectin extracted from citrus peel in the presence of citric acid. *Carbohydrate polymers*, 74(3), 725- 730.
- [25] Penniston, K. L., Nakada, S. Y., Holmes, R. P., and Assimos, D. G. (2008). Quantitative assessment of citric acid in lemon juice, lime juice, and commercially-available fruit juice products. *Journal of Endourology*, 22(3), 567- 570.
- [26] Pinheiro, E. R., Silva, I. M. D. A., Gonzaga, L. V., Amante, E. R., Teo'filo, R. F., Ferreira, M. M. C., Amboni, R. D. M. C. (2008). Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response pectin. *Food chemistry*, 73(4), 393- 396.
- [7] Wai, W. W., Alkarkhi, A. F., and Easa, A. M. (2009). Optimization of pectin extraction from durian rind (*Durio zibethinus*) using response surface methodology. *Journal of food science*, 74(8), C637- 41.
- [8] Fernandez, M. L. (2001). Pectin: composition, chemistry, physicochemical properties, food applications, and physiological effects. *Food Science and Technology*, in *Handbook of Dietary Fiber*, S. S. Cho and M. L. Dreher, eds. New York: Marcel Dekker, Inc. p. 583-601.
- [9] Kertesz, Z. I. (1951). *Pectic substances*. Interscience Publishers, New York, Inc.
- [10] Mesbahi, G. R., Jamalian, J. (2002). Pectin extraction from sugar beet pulp and its application in food products. *Journal of Agricultural Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 6(2), 125- 138.
- [11] Yapo, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B., and Paquot, M. (2007). Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food chemistry*, 100(4), 1356-1364.
- [12] 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.
- [13] Bayat. A, Heidari B., M., Feizi, A., Iraj B., Ghiavsvand., Askari, G., (2016), The effect of pumpkin consumption alone or with probiotic yoghurt on blood glucose and lipid levels, inflammatory markers in patients Type 2 diabetic, *International Journal of Preventive Medicinel* , 7(1), 30.
- [14] Khan, M., Bibi, N., and Zeb, A. (2015). Optimization of process conditions for pectin extraction from citrus peel. *Science Technology and Development*, 34(1), 9- 15.
- [15] Methacanon, P., Krongsin, J., and Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 383- 391.
- [16] Khule, N. R., Mahale, N. B., Shelar, D. S., Rokade, M. M., and Chaudhari, S. R. (2012). Extraction of pectin from citrus fruit peel and use as natural binder in paracetamol tablet. *Der*

- Technology, 17(6), 300- 312.
- [35] Zarei, M. (2008). Effect of extraction temperature on qualitative characteristics extracted pectin from orange peel. 18th National Congress on Food Technology .Mashad .Iran. (In Persian)
- [36] Baississe, S., Ghannem, H., Fahloul, D., and Lekbir, A. (2010). Comparison of structure and emulsifying activity of pectin extracted from apple pomace and apricot pulp. World Journal of Dairy and Food Sciences, 5(1), 79- 84.
- [37] Towle, A. G. (1973). Carrageenan. dalam Industrial Gums. Editor Whistler.
- [38] Kontogiorgos, V., Margelou, I., Georgiadis, N., and Ritzoulis, C. (2012). Rheological characterization of okra pectins. Food Hydrocolloids, 29(2), 356- 362.
- [39] Ahmmed, R., Inam, A. K. M. S., Alim, M. A., Sobhan, M. M., and Haque, M. A. (2017). Extraction, characterization and utilization of pectin from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus L.*) waste. Bangladesh Journal Environ Science, 32, 57- 66.
- [40] Chen, Y., Zhang, J. G., Sun, H. J., and Wei, Z. J. (2014). Pectin from *Abelmoschus esculentus*: Optimization of extraction and rheological properties. International Journal of Biological Macromolecules, 70, 498-505.
- [41] McClements, D. J. (2015). Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC press.
- [42] Košťálová, Z., Hromádková, Z., Ebringerová, A., Polovka, M., Michaelsen, T. E., and Paulsen, B. S. (2013). Polysaccharides from the Styrian oil-pumpkin with antioxidant and complement-fixing activity. Industrial crops and products, 41(1), 127- 133.
- surface methodology. Bioresource technology, 99(13), 5561- 5566.
- [27] Vriesmann, L. C., Teófilo, R. F., and de Oliveira Petkowicz, C. L. (2012). Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao L.*) with citric acid. LWT-Food Science and Technology, 49(1), 108- 116.
- [28] Ma, S., Yu, S. J., Zheng, X. L., Wang, X. X., Bao, Q. D., and Guo, X. M. (2013). Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. Carbohydrate polymers, 98(1), 750- 753.
- [29] Virk, B. S., and Sogi, D. S. (2004). Extraction and characterization of pectin from apple (*Malus Pumila. Cv Amri*) peel waste. International journal of food properties, 7(3), 693- 703.
- [30] Canteri-Schemin, M. H., Fertonani, H. C. R., Waszczynskyj, N., and Wosiacki, G. (2005). Extraction of pectin from apple pomace. Brazilian Archives of Biology and Technology, 48(2), 259- 266.
- [31] Marcon, M. V., Vriesmann, L. C., Wosiacki, G., Beleski-Carneiro, E., and Petkowicz, C. L. (2005). Pectins from apple pomace. Polímeros, 15(2), 127- 129.
- [32] Yapó, B. M. (2009). Lemon juice improves the extractability and quality characteristics of pectin from yellow passion fruit by-product as compared with commercial citric acid extractant. Bioresource technology, 100(12), 3147- 3151.
- [33] Huang, X., Kakuda, Y., and Cui, W. (2001). Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. Food Hydrocolloids, 15(4), 533- 542.
- [34] Wang, L., and Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science and

Evaluation and comparison of emulsion, rheological and spectroscopic properties of FT-IR extracted pectin from peel and cap of pumpkin

Darvishi, M¹ and Yazdanpanah, S^{1*}

1. Department of Food Science and Technology, Kazerun branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

(Received: 2020/02/15 Accepted: 2020/06/15)

Today, pectin is widely used as gelling agent and stabilizer in the food industry. The present study, pectin extraction from dried powder of peel and cap of pumpkin was performed in two different acidic and water solvents method. Finally, the samples that showed the highest pectin yield in each extraction method was selected for further experiments. Then, galacturonic acid percentage, degree of esterification, emulsifier stability, emulsifier activity, viscosity and FT-IR spectroscopy were applied to selected methods. The highest yield in acidic solvent (pH=2.5) in cap treatment of pumpkin (23.03%) and water solvent (for 3 hours) in cap treatment of pumpkin (17%) in 90 °C, 90 minutes and solvent to dry matter ratio 1:30 ml/mg was determined. According to the results, The highest percentage of galacturonic acid in pectin extracted from the cap treatment was observed in solvent acidic. The highest amount of esterification degree, emulsifiers stability and activity in pectin extracted from the peel treatment was observed in solvent acidic. Pectin extracted from cap treatment showed higher viscosity than pectin peel treatment. The viscosity of all solutions was used in the shear rate (0.05-200 r(s⁻¹)) constant, which indicates the flow index (n) equal to 1 and the Newtonian behavior of the solution.

Key words: Extraction yield, pectin, Degree of esterification, Pumpkin, FTIR spectroscopy

* Corresponding Author E-Mail Address: yazdanpanah2004@gmail.com