



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تولید ژله خوراکی فراسودمند از پکتین کلاهِک کدو حلوائی استخراج شده به روش ماکروویو

صدیقه یزدان پناه^{۱*}، زینب شهامت پور^۲

۱-دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

کدو حلوائی،

پکتین،

ماکروویو،

درجه استریفیکاسیون

پکتینیک پلی ساکارید است و به دلیل ویژگی های تکنولوژیکی و درمانی منحصر به فرد این ماده در صنایع غذایی و دارویی بسیار پر کاربرد می باشد. در این مطالعه تولید ژله خوراکی از پکتین کلاهِک کدو حلوائی بررسی شد. استخراج پکتین از کلاهِک کدو حلوائی با استفاده از ماکروویو در دو دمای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد، زمان های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه، pH ۱/۵ و ۲ و نسبت نمونه به حلال ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/حجمی انجام شد. سپس آزمایشات بعدی بر روی تیمارهای منتخب (یک تیمار برای دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و یک تیمار برای دمای ۵۰ درجه سانتی گراد) که راندمان بالاتری داشتند، انجام شد. ژله خوراکی بر پایه آب سیب از تیمارهای منتخب تولید شد. درجه استریفیکاسیون، پایداری و فعالیت امولسیون تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند ($P < 0/05$). طبق درجه استریفیکاسیون بدست آمده برای نمونه ها، پکتین کدو حلوائی از دسته کم استر می باشد. بررسی طیف FT-IR نشان داد ساختار پکتین های استخراجی در دمای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند ($P < 0/05$). بالاترین پایداری امولسیون مربوط به پکتین استخراجی در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد تعیین گردید. بررسی طیف FTIR نشان داد، پکتین های استخراجی حضور غلظت بالای زنجیره های گالاکتورونیک اسید و گروه های کربوکسیل را تأیید می کند. اثر سطوح مختلف پکتین کدو حلوائی (۰، ۱۰، ۲۰ گرم)، بر ویژگی های شیمیایی، بافتی و آنتی اکسیدانی ژله خوراکی بر پایه آب سیب مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات شیمیایی تیمارهای حاوی پکتین کدو حلوائی بیشتر از تیمار شاهد تعیین گردید. دو ویژگی چسبندگی و الاستیسیته به طور معنی داری کاهش یافت. ویژگی های بافتی سفتی، پیوستگی، حالت صمغی و آدامسی با افزایش مقدار پکتین کدو حلوائی افزایش داشت. پکتین کدو حلوائی از اثر آنتی اکسیدانی بالایی نسبت به تیمار شاهد برخوردار است. خصوصیت آنتی رادیکالی در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین کدو حلوائی بالاترین مقدار و معادل BHT تعیین گردید. نتایج نشان داد که کدو حلوائی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی قوی، قابل استفاده و ایمن تر از آنتی اکسیدان های سنتزی در صنعت غذا و دارو در جهت حفظ سلامت انسان می باشد.

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.180.

* مسئول مکاتبات:

sedigheh_yazdanpanah@iau.ac.ir

۱-مقدمه

پکتین یک هتروپلی ساکارید مشتق شده از قند و اسید و ترکیب مهم از دیواره سلولی گیاهان می باشد. یک زنجیره از آلفا گالاکتورونیک اسید است، که از تعداد متنوعی گروه های متیل استرهای و نمک های سدیم، آمونیوم و پتاسیم تشکیل شده است. ساختارهای ژلاتینی که در سلول های دیواره ها و لایه های درون سلولی میوه ها موجودند، واحدهای ساختاری این دیواره را می توان نمادی از آرایش پکتین در دیواره میوه ها و سبزیجات در نظر گرفت. پکتین جزء ترکیبات محافظت کننده است و یکی از غذایی عمومی محسوب می شود [۱]. برای افزایش ویسکوزیته، پایداری و قوام، بهبود تعلیق مواد در سیستم های غذایی، تولید ژل و کاربردهای دیگر شامل جایگزین چربی، سس سالادها، بستنی و محصولات گوشتی امولسیه شده در صنعت غذا می توان از پکتین استفاده شود [۱]. پکتین همچنین به منظور کاهش کلسترول خون و تسکین درد، پیشگیری از بیماری های قلبی و سنگ صفرا در صنعت داروسازی مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. اساسی ترین مواد خامی که برای تولید پکتین به کار می روند، شامل پوست مرکبات و تفاله سیب می باشد. پکتین در پوست مرکبات جزء اصلی قسمت سفید و اسفنجی داخل پوست میوه می باشد. بنابراین در صنعت مرکبات، فرایند بازیافت مواد جامد قابل حل بعد از استخراج عصاره بصورت تجاری رایج شده است [۳]. روش های قدیمی و مرسوم از جمله استخراج پکتین با استفاده از آب داغ اسیدی شده به دلایلی نظیر، تنزل کیفیت محصول، آسیب به تجهیزات استخراجی و آثار سوء بر محیط زیست، سبب شده است که محققین را به سمت استفاده از روش های جدید استخراج سوق دهد. استفاده از

امواج ماکروویو از جمله روش های نوین استخراج بوده که اخیراً بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. این روش نسبت به روش های سنتی مزایای بسیاری دارد. که از جمله می توان به فرایند زمان کوتاه تر، حلال مصرفی کمتر، راندمان تولید بالاتر، تولید محصول با کیفیت تر و صرف هزینه کمتر اشاره کرد [۴ و ۵]. امروزه محققین و تولیدکنندگان به دنبال منابع جدید بوده و هستند و مطالعات زیادی روی پکتین محصولات دیگر، نظیر تفاله هلو، تخم آفتابگردان، پوست موز و سویا انجام داده اند [۶ و ۷]. کدو حلوائی با نام علمی *Moschata Cucurbita* جزء خانواده Cucurbitaceae است [۸]. یک محصول فصلی است که اهمیت زیادی برای مصارف انسانی دارد. کدو حلوائی را می توان خشک نمود و به صورت پودر در فراورده های مختلف در صنعت غذا استفاده کرد [۸]. همچنین به خاطر تولید انبوه، قابلیت نگهداری خوب، قابل دسترس بودن طولانی و کیفیت حمل و نقل بهتر و خواص درمانی مورد توجه است [۹].

مطالعات مشابهی در زمینه استخراج پکتین و تولید ژله خوراکی انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می شود. ماران و همکاران (۲۰۱۴) به بهینه سازی روش استخراج با مایکروویو پکتین از پوست پرتقال پرداختند، این محققین در مطالعه خود به بررسی اثرات متغیرهای مختلف فرآیند (قدرت مایکروویو، زمان پرتودهی، pH و نسبت جامد-مایع) بر روی راندمان 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 [۱۰]. متاکانون و همکاران (۲۰۱۴) پکتین را از پوست گریپ فروت استخراج کرده و روش سطح پاسخ را برای بهینه سازی به کار برده و نتیجه گیری کردند که pH مهم ترین فاکتور برای

معرض آفتاب قرار داده شد تا در برابر جریان هوا خشک گردد. سپس کلاهی خشک شده را آسیاب (Kalorance, آلمان) کرده و از آن پودر یکنواختی تهیه شد. پودر به دست آمده در ظروف بسته‌بندی‌شده، دور از رطوبت نگهداری شد.

۲-۳- استخراج پکتین با ماکروویو

پکتین از پودر کدوی خشک‌شده به همراه آب در داخل مایکروویو (Anton paar SVM 3000، اتریش) با برنامه توان به شماره ۲۰ وات، زمان در چهار سطح ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و دمای ۴۰ و ۵۰ 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. بعد از خروج از مایکروویو با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ محلول صاف شد و تفاله باقی‌مانده روی کاغذ صافی دو بار با الکل ۹۶٪ شسته شد. محلول صاف‌شده که محتوای پکتین بود با محلول سدیم هیدروکسید (غلظت وزنی ۱ به ۵) به pH=۳ رسانده شد. بعد به محلول حاصل، اتانول ۹۶٪ به نسبت حجمی ۱ به ۱ افزوده شد. محلول بدست‌آمده به مدت یک شبانه‌روز در یخچال در دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس محلول فوق به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه در دمای آزمایشگاه سانتریفیوژ (SIGMA 14-1، آلمان) شد. بعد از سانتریفیوژ کردن، پکتین ته‌نشین‌شده جدا گردید. مجدداً پکتین ته‌نشین‌شده با حجم مساوی از اتانول ۹۶٪ مخلوط شد تا به صورت بهتری شستشو شود و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰g) شد. سپس فاز مایع جداسازی و پکتین استخراج‌شده در خشک کن با جریان هوای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ ساعت خشک گردید، سپس بازده استخراج طبق فرمول ۱ محاسبه گردید [۱۲].

(۱)

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{mass of dried pectin (Ag)}}{\text{mass of cap of pumpkin powder used for extraction (Bg)}} \times 100$$

 yield (%) درصد بازده استخراج، Ag وزن پکتین خالص (گرم)، Bg وزن پودر خشک اولیه (گرم) می‌باشد.

۲-۴- اندازه‌گیری درجه استریفیکاسیون

راندمان پکتین و ترکیب شاخه‌های جانبی از جمله آرابینوز و گالاکتوز است [۷]. زوزان و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به استخراج کدو حلوايي به روش ماکروویو و بررسی متغیر-های مختلف (قدرت ماکروویو، زمان پرتودهی و نسبت جامد-مایع) پرداختند و به این نتیجه رسیدند، با افزایش توان پرتودهی و زمان ماکروویو استخراج پکتین افزایش و نسبت مایع به جامد بیشترین تأثیر را بر عملکرد و جرم مولکولی داشت [۱۱]. تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تولید ژله فراسودمند با استفاده از ضایعات انجام نشده است. سالانه مقدار زیادی کلاهی کدو حلوايي که حاوی ترکیبات کاروتنوئیدی و ویتامین‌های مختلف است، به‌عنوان ضایعات در بخش کشاورزی تولید می‌شود. در صورت استفاده از این گونه ضایعات می‌توان ارزش افزوده زیادی وارد سبد خانواده‌ها کرد و غذاهای فراسودمند با هزینه پایین تولید نمود. در این تحقیق ابتدا پکتین به کمک امواج ماکروویو از پوست و کلاهی کدو حلوايي استخراج شد و سپس راندمان و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی آن بررسی و مقایسه گردید. در نهایت با استفاده از پکتین استخراجی ژله خوراکی تولید شد و خواص بافتی و شیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن بررسی گردید.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

در این تحقیق کدو حلوايي و سیب هر دو از بازار محلی شیراز خریداری شد. ساکاروز آزمایشگاهی، اسیدکلریدریک، اتانول ۹۶٪، سدیم هیدروکسید، فنل فتالین، هیدروکلریک اسید، سدیم‌آزید، سولفات مس، تارتارات سدیم و پتاسیم، متیل بلو، استات روی، اسیداستیک گلاسیال، فروسیانورپتاسیم، اسیدسولفوریک، اسیدبوریک، معرف فولین، کربنات سدیم، محلول ۲ و ۲-دی فنیل - ۱-پیکریل‌هیدرازین، متانول، فسفات سدیم، آمونیوم‌مولیبدات (مرک، آلمان)، دی‌فنیل پیکریل‌هیدرازین (سیگما آلد ریچ، ایتالیا) استفاده شد.

۲-۲- تهیه پودر کلاهی و پوست کدو

کلاهی کدو جدا شد سپس خرد شده و به مدت ۴ روز در

منتقل و برای مدت پنج دقیقه در دور ۵۲۷ سانتیفرز شد.

(۳)

$$EA(\%) = (ELV / W_v) \times 100$$

فعالیت امولسیون، ELV حجم لایه امولسیون شده و W_v حجم کل سامانه می باشد [۱۴].

۶-۲- طیف سنجی FTIR

طیف سنجی FTIR با دقت ۴ بر سانتی متر و به وسیله اسپکتوفتومتر (Perkin Elmer Co, MA، آمریکا) با استفاده از روش قرص پتاسیم برماید در دامنه ۴۵۰ تا ۴۰۰۰ بر سانتی متر صورت گرفت. این آزمون برای تعیین حضور گروه های عاملی مانند کربوکسیل و هیدروکسیل جهت تأیید کیفیت پکتین استخراجی انجام می شود [۱۵].

۷-۲- تولید ژل خوراکی

ابتدا مواد ژل کننده با دوزهای تعیین شده با شکر مخلوط شد و سایر مواد اولیه (گلوکز پودری) نیز به آن اضافه شد. از سوی دیگر بقیه شکر و آب سیب در دیگ پخت مخلوط شده و تا دمای ۴۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. سپس مواد اولیه مخلوط شده به آن افزوده شده و تا دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به همراه هم زدن حرارت داده شد. بعد از قطع حرارات، مخلوط ۲۰ دقیقه هم زده شد، تا پکتین موجود در محیط کاملاً آب جذب کرده و آماده تشکیل ژل شود. در مرحله بعد محلول آماده شده فوق بدون اتلاف وقت و قبل از اینکه سرد شود درون قالب ها تزریق شد. در پایان قالب ها پس از درب بندی در وان های آب گرم با درجه حرارت ۸۰- ۸۲ درجه سانتی گراد در بازه زمانی ۱۰ دقیقه پاستوریزه شده و پس از آن در وان های آب سرد با دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد تشکیل ژل داد (جدول ۱) [۱۴].

Table 1. Amounts of pectin used in apple jelly samples

Treatment			
Contains commercial pectin	20 g	10 g	0 g
Contains pumpkin pectin	20 g	10 g	0 g

(A121، ایران) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد با استفاده از روش لی و همکاران (۲۰۰۶) محاسبه شد [۱۶].

درجه استریفیکاسیون بر اساس روش بوچک و همکاران (۲۰۰۱) اندازه گیری شد [۱۳]. ابتدا ۰/۱ گرم از نمونه پکتین خشک شده به ارلن ۲۵۰ میلی لیتری منتقل شد و با استفاده از ۱ میلی لیتر اتانول، مرطوب شده و ۴۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده شد. بعد از حدود ۱۰ ساعت هم زدن مداوم و انحلال کامل، ۲ قطره فنل فتالین (۱٪ وزنی/حجمی) به نمونه اضافه شد و با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیترا شد و به عنوان حجم اولیه (V1) ثبت شد. این حجم مصرفی سود، در واقع اسیدهای کربوکسیلیک آزاد را خنثی نموده است. سپس ۱۰ میلی لیتر از سود ۰/۵ نرمال به نمونه ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دور ۱۵۰ دور در دقیقه هم زده شد تا عمل صابونی کردن استرهای پکتین انجام پذیرد. سپس ۱۰ میلی لیتر از اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال به نمونه ها اضافه شد و عمل هم زدن انجام گرفت تا سود مصرفی را خنثی سازد. در نهایت محلول نهایی با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیترا شد و به عنوان حجم ثانویه (V2) ثبت گردید. درجه استریفیکاسیون طبق رابطه پایین (فرمول ۲) اندازه گیری شد.

(۲)

$$DE(\%) = (V2 / (V2 + V1)) \times 100$$

۵-۲- اندازه گیری خصوصیات امولسیونی

بدین منظور ابتدا محلول ۰/۵ درصد از نمونه های انتخابی پکتین در آب مقطر تهیه شد. در ادامه ۵ میلی لیتر روغن آفتابگردان با ۵ میلی لیتر محلول پکتین مخلوط گردید و ۰/۲ درصد سدیم آزید برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها به آن اضافه شد. در مرحله بعد جهت تهیه امولسیون، نمونه ها توسط هموژنایزر با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت سه دقیقه مخلوط گردیدند. سپس امولسیون ایجاد شده به لوله سانتیفریوژی ۱۵ میلی لیتری

۱-۷-۲- اندازه گیری رطوبت ژله سیب تولیدی

مقدار رطوبت موجود در نمونه مورد آزمایش به وسیله آون

۲-۷-۲-اندازه‌گیری خاکستر ژله سیب تولیدی

مقدار خاکستر موجود در نمونه مورد آزمایش به وسیله کوره برقی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد (FTMF-701 Finetech)، کره جنوبی) با استفاده از روش لی و همکاران (۲۰۰۶) محاسبه شد [۱۶].

۲-۷-۳-اندازه‌گیری قند ژله سیب تولیدی

محلول استاندارد گلوکز را با غلظت‌های مختلف تهیه شد. نمونه غذایی را در آب مقطر حل کرده و با اسید سولفوریک هیدرولیز شد. محلول لین-آنیون را به نمونه اضافه شد. سپس با استفاده از شناساگر مناسب، تیتراژ را انجام شد تا نقطه پایانی مشخص شود. با استفاده از نمودار استاندارد گلوکز و داده‌های تیتراژ، غلظت قند در نمونه غذایی را محاسبه شد [۱۶].

۲-۷-۴-اندازه‌گیری پروتئین ژله سیب تولیدی

برای اندازه‌گیری پروتئین به روش کج‌لدال در انواع فرآورده‌های پودر دسر ژله‌ای، با استفاده از روش لی و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد [۱۶].

۲-۷-۵-اندازه‌گیری کربوهیدرات ژله سیب تولیدی

مقدار کربوهیدرات با استفاده از فرمول ۴ محاسبه شد [۲۳].

$$\text{Carbohydrate} = (\text{Ash}\% + \text{Fat}\% + \text{Pro}\% + \text{MO}\%) - 100 \quad (4)$$

Carbohydrate مقدار کربوهیدرات، Ash % درصد

خاکستر، Fat % درصد چربی، Pro % درصد پروتئین

و MO % درصد رطوبت می باشد.

۲-۷-۶-ارزیابی بافت ژله سیب تولیدی

جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تولیدی، از دستگاه بافت‌سنج (CT3, Brookfield، آمریکا) استفاده شد. میزان بارگذاری دستگاه روی ۵ کیلوگرم (۵۰ نیوتن) تنظیم شد. سپس هر یک از نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی توسط پروب سیلندری به قطر ۳۵ میلی‌متر و سرعت حرکت

۶۰ میلی‌متر در دقیقه تا ۷۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شده سپس فشارزدایی شدند [۱۷].

۲-۷-۷-ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی ژله سیب تولیدی

بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH¹ به عنوان ترکیب رادیکالی پایدار در این تست با میزان بی‌رنگ‌کردن محلول بنفش ۲۰۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل یا (DPPH) در متانول مورد سنجش قرار می‌گیرد. بدین ترتیب که ۵۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف نمونه در متانول به ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰۴ درصد DPPH در متانول اضافه گردید. بعد از ۳۰ دقیقه گرمخانه‌گذاری در دمای اتاق، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر (۵) محاسبه گردید [۱۸].

$$I\% = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{blank}}} \times 100 \quad (5)$$

Ablank جذب نوری کنترل، Asample جذب نوری غلظت‌های مختلف نمونه می‌باشد.

غلظتی از نمونه که دارای درصد مهار رادیکالی ۵۰٪ بود EC50 توسط نمودار محاسبه گردید. بدیهی است که هر چه این عدد کوچکتر باشد، قدرت آنتی‌اکسیدانی یا مهار رادیکال‌های آزاد بیشتر می‌باشد. در این تست به عنوان کنترل مثبت از آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT3 (بوتیل‌هیدروکسی تولوئن) استفاده گردید.

۲-۸-آنالیز آماری

نتایج آزمون‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سطح احتمال ۵٪ تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین آزمون‌های مربوط به پکتین از آزمون T-Test در سه تکرار استفاده شد. برای مقایسه میانگین آزمون‌های مربوط به ژله از آزمون دانکن در سه تکرار استفاده شد. داده‌ها به صورت آماری و در یک مدل کاملاً تصادفی به وسیله تحلیل واریانس (AVONA) و نرم‌افزار SPSS23 مورد تحلیل قرار

3-Butylated hydroxytoluene

1-2, 2- diphenyl- 1- picrylhydrazyl

2-Half maximal effective concentration

گرفتند. در کلیه آزمون‌ها سطح اطمینان ۵٪ در نظر گرفته شده است. بررسی استخراج با میکروویو نتایج حاصل از راندمان استخراج پکتین در کلاهی کدو توسط روش میکروویو در جدول ۲ نشان داده شده است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- بررسی استخراج پکتین از کلاهی کدو حلواپی

Table 2- Extraction efficiency of pectin from pumpkin head

Treatment	Temperature	Time	Weight/Volume	pH	Cap efficiency
1	40°C	10 min	20	2	11.36
2	40°C	15 min	20	2	12.29
3	40°C	20 min	20	2	15.41
4	40°C	30 min	20	2	17.68
5	50°C	10 min	30	1.5	17.14
6	50°C	15 min	30	1.5	18.87
7	50°C	20 min	30	1.5	19.65
8	50°C	30 min	30	1.5	20.27

حاضر با نتیجه پژوهش زوزان و همکاران (۲۰۱۶) بر استخراج پکتین به روش ماکروویو مطابقت دارد که با افزایش زمان و توان ماکروویو، راندمان استخراج پکتین افزایش داشته است [۱۱]. راندمان استخراج برای $pH = 1/5$ بیشتر از شرایطی است که از $pH = 2$ استفاده شد. بالا بودن بازده تولید در pH های پایین مربوط به تأثیر اسید بر دیواره سلولی ماده جامد اولیه و آزادسازی پکتین در حلال استخراج است. لذا هر چه pH استفاده شده برای استخراج پایین تر باشد تخریب دیواره سلولی بیشتر و به دنبال آن آزادسازی و در نتیجه تولید پکتین بیشتر خواهد بود [۲۲]. ماران و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند در غلظت‌های بالا ماده جامد در محلول استخراجی به دلیل برقراری تعادل دینامیکی بین ماده جامد و محلول، میزان انتقال جرم کاهش می‌یابد [۱۰]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج ماران و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت ندارد. زیرا با افزایش نسبت جامد به مایع از ۲۰٪ به ۳۰٪/میزان بازده استخراج افزایش یافته است.

۳-۲- بررسی درجه استریفیکاسیون

نتایج حاصل از درجه استریفیکاسیون پکتین استخراجی از کلاهی کدو حلواپی در دو تیمار منتخب در جدول ۳ آمده است. بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده نشد.

از بین ۸ تیمار کلاهی، ۱ تیمار برای دمای ۴۰ درجه سانتی-گراد و ۱ تیمار برای دمای ۵۰ درجه سانتی-گراد که بالاترین راندمان را داشتند، انتخاب شدند. تیمار ۴ و ۸ به ترتیب در دمای ۴۰ (۱۷/۶۸٪) و ۵۰ (۲۰/۲۷٪) درجه سانتی-گراد، به مدت ۳۰ دقیقه، به نسبت ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی/حجمی انتخاب شدند. یکی از فاکتورهای مهم در استخراج ترکیبات مختلف پلی‌ساکاریدی نظیر پکتین، دارا بودن بالاترین درصد راندمان است. محققان زیادی دما را به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در استخراج ترکیبات مختلف پلی‌ساکاریدی نظیر پکتین گزارش کرده‌اند [۱۹، ۲۰ و ۲۱]. با افزایش دما از ۴۰ درجه سانتی-گراد به ۵۰ درجه سانتی-گراد، بازده پکتین افزایش یافته است. افزایش بازده استخراج با افزایش دما احتمالاً به خاطر افزایش حلالیت این پلی‌ساکارید در حلال و به دنبال آن افزایش انتقال جرم آن از ذرات ترکیب جامد به داخل حلال است [۲۱]. زمان فرایند استخراج یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر بازده پکتین استخراجی است. بسیاری از محققان بیان داشتند، زمان استخراج رابطه مستقیم با بازده استخراج دارد به طوری که با افزایش زمان بازده نیز افزایش می‌یابد [۱۶]. در پژوهش حاضر با افزایش مدت زمان استخراج، بازده استخراج افزایش یافت، به طوری که بیشترین بازده استخراج در زمان ۳۰ دقیقه صورت گرفت که، نتایج

Table 3- The degree of esterification of pectin extracted from pumpkin caps

Temperature	Degree of esterification (% methoxy)
40°C	44.63 ^a

50°C

44.49^a

All numbers are the average (three repetitions), the same letters indicate the absence of significant differences (P<0.05).

استریفیکاسیون می شود که به دلیل استرزدایی پکتین در دماهای بالا است [۱۵]. هر چه pH محلول استخراج پایین تر باشد پکتین حاصل درجه استریفیکاسیون پایین تری خواهد داشت [۲۲]. به طور کلی پکتین های حاصل از استخراج هایی 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 می شود [۱۵]. با توجه به نتایج گزارش شده توسط زارعی (۲۰۰۸) میزان متوکسیل یا درجه استری شدن در پکتین استخراج شده از کدو تنبل ۴/۷٪ می باشد که با پژوهش حاضر مطابقت دارد [۲۵]. پکتین با درجات استری متفاوت دارای کاربردهای متفاوتی می باشند. از این رو پکتین به دست آمده از این محصول به دلیل پایین بودن درجه استری آن برای تولید محصولات با شکر کم مثل ژل ها و مرباهای کم کالری بسیار مناسب است [۱۵].

۳-۳- نتایج حاصل از بررسی خصوصیات امولسیفایری

فعالیت امولسیفایری و پایداری امولسیون های پکتین استخراج شده از کلاهی کدو حلوایی در طول نگهداری در روز اول و روز دهم در دمای ۴ و ۲۳ درجه سانتی گراد در جدول ۵ و ۴ نشان داده شده است.

از مهمترین پارامترهای تعیین کننده کاربرد پکتین، درجه استریفیکاسیون آن می باشد که بنا به تعریف به درصد گروه های کربوکسیل استری شده با متانول اطلاق می شود [۲۳ و ۲۴]. درجه ی استریفیکاسیون (درصد متوکسیل) یکی از ویژگی های مهم کیفی پکتین از نظر موارد استفاده در صنایع غذایی و شرایط تولید ژل توسط پکتین می باشد. بسته به درجه استریفیکاسیون، پکتین ها به دو گروه پکتین با درجه استریفیکاسیون بالا (با درجه استری بالای ۵۰ درصد) و پکتین با درجه استریفیکاسیون پایین (با درجه استری کمتر از ۵۰ درصد) طبقه بندی می شوند [۲۰]. پکتین با درجه استری بالا در حضور غلظت های بالای شکر و در pH های پایین تشکیل ژل می دهد. در حالی که تشکیل ژل در پکتین با درجه استری پایین در دامنه وسیعی از pH، در حضور و یا بدون حضور مقدار اندک شکر صورت می پذیرد، اما وجود یون های دو ظرفیتی مانند کلسیم برای تشکیل ژل این نوع پکتین الزامی است [۶ و ۱۹]. طبق درجه استریفیکاسیون بدست آمده برای نمونه ها، پکتین کدو حلوایی از دسته کم استری می باشد. درجه استریفیکاسیون پکتین استخراج شده در شرایط بهینه در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده از جدول ۲ بالاترین درجه ی استریفیکاسیون مربوط به نمونه استخراج شده از کلاهی کدو حلوایی (۶۳/۴۴٪) در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد می باشد. استفاده از دمای بالاتر برای استخراج سبب کاهش درجه

Table 4- Emulsifying activity of 0.5% pectin solution

Treatment	Pumpkin cap
Pectin extracted at 40°C	14.48 ^a
Pectin extracted at 50°C	46.99 ^a

All numbers are the average (three repetitions), the same letters indicate the absence of significant differences (P<0.05).

Table 5-Emulsion stability of 0.5% pectin solution of pumpkin head

Treatment	First day 4 °C	First day 4 °C	10 th day 23 °C	10 th day 23 °C
Pectin extracted at 40°C	91.56 ^a	90.20 ^a	88.80 ^a	86.56 ^a
Pectin extracted at 50°C	90.32 ^a	88.76 ^a	87.51 ^a	85.85 ^a

All numbers are the average (three repetitions), the same letters indicate the absence of significant differences in the column (P>0.05).

۵۰ درجه سانتی گراد، در دمای ۴ درجه سانتی گراد روز اول و دهم به ترتیب ۱/۲۴ و ۱/۲۹ و در دمای ۲۳ درجه سانتی-گراد روز های اول و دهم، ۱/۴۴ و ۰/۷۱ نسبت به پکتین استخراج شده در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد کاهش داشت. پایداری امولسیون در هر دو دمای مورد آزمایش مطلوب می باشد. این که امولسیون ها در دماهای پایین پایدارتر هستند توسط بسیاری از محققین تأیید شده است. دمای بالا سبب تخریب و استرزدایی پکتین می شود [۲۱ و ۲۳]. برطبق نتایج بیونو (۲۰۰۹) پکتین مرکبات با وزن مولکولی کم و درجه متوکسیلاسیون بالا ویژگی امولسیفایری بالایی دارند و قادر هستند که امولسیون روغن در آب را پایدار کنند [۲۶].

۴-۳- بررسی طیف سنجی مادون قرمز دور (FTIR)

بررسی طیف مادون قرمز دور نمونه پکتین استخراجی (پکتین های استخراج شده در دمای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی-گراد) با روش میکروویو حاصل از کلاهدک کدو برای تشخیص گروه های عاملی در ساختار پکتین در جدول ۶ نشان داده شده است.

بین تیمارها تفاوت معناداری مشاهده نشد. خصوصیات امولسیفایری پکتین وابسته به حضور گروه هایی چون استیل، اسید فرولیک و پروتئین می باشد [۱۵]. بیشترین فعالیت امولسیفایری در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد (۴۸/۱۴٪) مشاهده شد. فاکتورهای زیادی از جمله پارامترهای استخراج مثل دما و زمان بر فعالیت امولسیفایری پکتین تأثیرگذار است. احتمالاً میزان کم وزن مولکولی مشاهده شده برای پکتین استخراج شده در این پژوهش نیز دلیل مؤکد برای فعالیت امولسیفایری مشاهده شده می باشد [۲۱]. طبق جدول ۴ همانطور که مشاهده می شود بیشترین پایداری امولسیونی مربوط به پکتین استخراج شده در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد می باشد که در دمای ۴ درجه سانتی گراد در روز اول و روز دهم به ترتیب برابر با ۹۱/۵۶ درصد و ۸۸/۸۰ درصد می باشد، که نشان دهنده پایداری بالای امولسیون می باشد اما پایداری امولسیونی در دمای ۲۳ درجه سانتی گراد در روز اول و روز دهم به ترتیب به ۹۰/۲۰ و ۸۶/۵۶ درصد می باشد، که نشان دهنده کاهش پایداری امولسیون در دماهای بالا می باشد. پایداری امولسیون پکتین استخراج شده در دمای

Table 6- FTIR spectroscopy of pectin sample extracted by microwave method from pumpkin caps to detect functional groups

functional groups	Frequency range (cm ⁻¹)	functional groups	Frequency range (cm ⁻¹)
C-H bending	500-600	C=O stretching	1700-1750
N-H bending			
O-H bending			
C-H bending	600-700	C=O stretching	1750-1800
C-C bending			
N-H bending			
C-H bending	800-900	C≡C stretching	2000-2100
C-O stretching	900-1000	C≡N stretching	2100-2200
C-O stretching	1000-1100	C-H stretching	2600-2800
C-C stretching	1100-1200	C-H stretching	2900-3000
C-H bending	1200-1300	C-H stretching	3000-3100
C-H bending	1300-1400	N-H stretching	3100-3200
O-H bending	1400-1500	O-H stretching	3200-3400
N-H bending	1500-1600	O-H bending	3400-3600
C=C stretching	1600-1700	N-H bending	3600-3700

متفاوت نیستند و این نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنادار در ساختار تشکیل دهنده پکتین های آنها می باشد. پیک های قوی معمولاً در ناحیه ۳۳۰۰-۳۲۰۰ بر سانتی متر پیک های مربوط به گروه های هیدروکسیل (OH-) دیده

استفاده از طیف FTIR از روش های نوین بررسی ساختار پکتین می باشد [۲۱]. در جدول ۶ نشان داده شده است که پیک های تشکیل شده از پکتین های استخراجی (در دمای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد) از کلاهدک کدو حلوایی با همدیگر

می‌شود، گروه‌های عاملی کربوهیدرات‌ها، در ناحیه ۱۰۰۰-۱۲۰۰ بر سانتی‌متر، پیک‌های مربوط به نوسانات C-O و C- بر سانتی‌متر، پیک‌های کربنیل در ناحیه ۱۶۰۰-۱۷۰۰ بر سانتی‌متر، پیک‌های مربوط به گروه‌های کربونیل (C=O) می‌توانند وجود داشته باشند. دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ممکن است نشان‌دهنده پکتین با ویژگی‌های خاصی باشد، مانند غلظت بالاتر گروه‌های هیدروکسیل که به هیدراتاسیون بیشتر کمک می‌کند. دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، ممکن است تغییراتی در ساختار پکتین ایجاد کند، به‌ویژه در پیک‌های مربوط به گروه‌های عاملی که می‌تواند به تجزیه یا تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی پکتین منجر شود. گروه‌های هیدروکسیل (OH-) نشان‌دهنده قابلیت تشکیل هیدروژنی و ایجاد ژل هستند. گروه‌های کربونیل (C=O) می‌توانند به واکنش‌های ژل‌سازی و خاصیت ویسکوزیته پکتین کمک کنند. C=O stretching نشان‌دهنده وجود گروه‌های کربونیل در ترکیبات مختلف است که می‌تواند به استرها، کربوکسیلیک اسیدها و سایر ترکیبات شیمیایی مرتبط باشد.

۳-۵- خصوصیات شیمیایی ژله

بررسی نتایج شیمیایی شامل خاکستر، رطوبت، کربوهیدرات، پروتئین، قند احیا کننده در جدول ۷ نشان داده شده است.

Table 7- Checking the chemical properties of apple jelly production From pumpkin pectin

Treatment	Ash	Moisture	Carbohydrate	Protein	Sugar
Control	0.269 ^b	18.884 ^b	8.343 ^b	1.086 ^b	51.833 ^b
Contain pumpkin pectin (10g)	0.325 ^b	20.233 ^a	14.656 ^a	1.188 ^a	54.000 ^b
Contain pumpkin pectin (20g)	0.437 ^a	21.155 ^a	15.493 ^a	1.192 ^a	60.366 ^a

All numbers are the average (three repetitions), the same letters indicate the absence of significant differences in the column ($P>0.05$).

پکتین (۲۱/۱۵۵٪) مشاهده شد. رطوبت تیمار ۲۰ گرم پکتین و ۱۰ گرم پکتین به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. نتایج خلیلیان و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد با افزایش صمغ زانتان در فرمولاسیون پاستیل طالبی میزان رطوبت نمونه‌ها روند افزایشی داشت [۲۸]. پکتین به عنوان غذای عملگر یک مولکول هیدروکلوئید است و توانایی هیدروفیلی خود مقدار زیادی آب به خود جذب می‌کند و به طور گسترده‌ای به عنوان ژل‌کننده و پایدارکننده به کار برده می‌شود [۳]. پکتین به دلیل ساختمان هیدروفیلی خود توانایی حفظ آب بالایی داشته که منجر به افزایش رطوبت نمونه‌ها شده است. در

در بررسی خاکستر بین تیمار حاوی ۱۰ گرم پکتین اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد ولی تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین با بالاترین مقدار خاکستر (۰/۴۳۷٪) اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. کدو تنبل غنی از کاروتن، فیبر، ویتامین C، B₆، K و مواد معدنی همچون پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن و سلنیم، پروتئین و چربی می‌باشد [۸]. علت افزایش مقدار خاکستر در تیمارهای حاوی پکتین کدو حلوائی نسبت به شاهد، داشتن مواد معدنی بالا در ساختار آن می‌باشد. در بررسی رطوبت بین تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین میزان رطوبت در تیمار حاوی ۲۰ گرم

با شاهد اختلاف معنی داری داشته است. بیشترین مقدار قند در تیمار ۲۰ گرم پکتین (۶۰/۳۶۶٪) مشاهده شد. پکتین یک هتروپلی ساکارید مشتق شده از قند و اسید می باشد که از ساختار ژلاتینی موجود در میوه و سبزیجات بدست می آید و در دیواره سلولی گیاهان و در لایه ای بین سلول ها که لاملای میانی نامیده می شود، یافت شده و نقش مهمی را به عنوان ماده سیمانی ایفا نموده است و به طور کلی در میان پلی- ساکاریدهای استخراج شده از مواد گیاهی پکتین بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است [۳۲]. در برخی از پکتین ها گروه های آمیدی نیز ممکن است حضور داشته باشند. علاوه بر D-گالاکتورونیک اسید، رامنوز، آرابینان، گالاکتان یا آرابینو گالاکتان و برخی دیگر از قندها نیز در مولکول پکتین حضور دارند. میزان این قندها در پکتین تجاری در حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد بوده و تحت عنوان مواد ترکیبی و یا قندهای خنثی نامیده می شوند [۳۳].

۶-۳- بررسی خصوصیات بافتی

بررسی نتایج بافتی شامل سفتی، چسبندگی، پیوستگی، الاستیسیته، حالت صمغی و حالت آدامسی در جدول ۸ نشان داده شده است.

بررسی کربوهیدرات بین تیمارها اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده شد و بیشترین مقدار به ترتیب در تیمار ۲۰ گرم پکتین (۱۵/۴۹۳٪) تعیین گردید. کدو تنبل از نظر مواد معدنی و کربوهیدرات غنی بوده و علاوه بر این به علت بالا بودن میزان بتاکاروتن بالا از نظر ویتامین A نیز غنی می باشد [۲۹]. پروتئین ها ترکیبات آلی با وزن مولکولی بالا می باشند. مانند کربوهیدرات ها و لیپیدها حاوی کربن، اکسیژن و نیتروژن بوده و به علاوه در تمامی آنها ازت و عموماً گوگرد نیز یافت می شود. پروتئین یکی از مهمترین درشت مغذی های مورد نیاز بدن است که باید به قدر کافی در طول روز مصرف شود [۳۰]. در بررسی پروتئین تیمارها با شاهد اختلاف معنی داری دارند و بیشترین مقدار در تیمار ۲۰ گرم پکتین (۱/۱۹۲٪) مشاهده شد. با توجه به پژوهش های اخیر برخی ترکیبات پروتئینی مثل آلفا و بتا موسچین در کدو تنبل وجود دارند که بواسطه فعالیت ممانعت کنندگی (فرایندی در تولید پروتئین) می توانند فعالیت ضد میکروبی از خود نشان دهند [۳۱]. به نظر می رسد دلیل افزایش مقدار پروتئین در تیمارهای حاوی پکتین کدو حلوائی وجود ترکیبات پروتئینی آلفا و بتا موسچین باشد. در بررسی قند بین تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده شد ولی تنها تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین

Table 8- Examining the textural characteristics of different concentrations of jelly

Treatment	Hardness (N)	Adhesiveness (Ns)	Cohesiveness	Elasticity (mm)	Gumminess (N)	Chewiness (Nmm)
Control	9.696 ^b	-0.74 ^a	0.433 ^b	3.453 ^a	2.260 ^c	18.563 ^c
Contain pumpkin pectin (10g)	10.497 ^b	-1.503 ^b	0.504 ^b	3.030 ^b	4.775 ^b	23.143 ^b
Contain pumpkin pectin (20g)	13.214 ^a	-2.473 ^c	0.791 ^a	2.930 ^b	6.889 ^a	25.373 ^a

All numbers are the average (three repetitions), the same letters indicate the absence of significant differences in the column ($P>0.05$).

حسی هستند، طرفداران زیادی دارد [۵]. سفتی مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشار به کار گرفته شده است [۳۴]. پکتین حاصل از کلاهی کدو حلوائی باعث افزایش سفتی ژله شد. بررسی سفتی بین تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین با شاهد و تیمار حاوی ۱۰ گرم پکتین اختلاف معنی داری مشاهده شد ولی تیمار حاوی ۱۰ گرم پکتین با شاهد اختلاف

آنالیز حسی توصیفی و اندازه گیری های دستگاهی هر دو روش های مفید جهت ارزیابی ویژگی های بافتی مواد غذایی هستند. در تست های تقلیدی نظیر آنالیز پروفایل بافت سعی بر این است تا حرکات مکانیکی گاز زدن یا جویدن شبیه سازی گردد. این روش به دلیل قابلیت اندازه گیری پارامترهای بافتی متعدد که دارای همبستگی بالا با داده های

معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان سفتی در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۱۳/۲۱۴ نیوتن) تعیین گردید. بلند و همکاران (۲۰۰۴) طی پژوهشی بر روی ژله‌های ژلاتین پکتین و نشاسته اظهار داشتند که رهاسازی طعم به طور معنی‌داری با بافت ژل در ارتباط است [۳۵]. ژل ژلاتین به دلیل ایجاد بافت سفت‌تر باعث رهایش کمتر مواد طعمی می‌شود. در مجموع این وقایع باعث کاهش امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های حاوی ژلاتین گردید. درک طعم در سیستم‌های ژلی بستگی به سفتی بافت و نوع عامل ژل‌کننده دارد [۳۶]. زمان رهایش بیشترین میزان مواد طعمی در بافت‌هایی با درجه سفتی مختلف متفاوت است. هر چه میزان سفتی بافت بیشتر باشد زمان رهایش حداکثر میزان مواد طعم را کندتر خواهد بود [۳۷]. بنابراین تیمارهای حاوی پکتین کدو حلوايي به دلیل سختی زیاد به زمان بیشتری برای رهایش طعم نسبت به تیمار شاهد نیاز دارند. چسبندگی کار لازم برای غلبه بر نیروهای جاذب بین سطح غذا و سطوح دیگر مثل زبان، دندان و کام می‌باشد و یا به عبارت دیگر کار لازم برای کشیدن غذا از سطوح می‌باشد. در بررسی چسبندگی بین تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین مقدار چسبندگی در تیمار شاهد (۰/۷۴ نیوتن ثانیه) و کمترین مقدار در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۲/۴۷۳ نیوتن ثانیه) مشاهده شد. نتایج خزایی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد با افزایش میزان آگار در فرمولاسیون ژل میوه‌ای، از میزان چسبندگی کاسته می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج خزایی مطابقت دارد [۳۸]. با افزایش پکتین در ژله خوراکی از میزان چسبندگی کاسته شد. پیوستگی استحکام باندهای داخلی است که بدنه محصول را تشکیل می‌دهد و هر چه این مقدار بیشتر باشد پیوستگی محصول بیشتر است. پیوستگی نسبت کار انجام شده برای فشردن غذا در دو سیکل متوالی توسط دستگاه است [۳۹، ۷، ۹]. در بررسی پیوستگی بین تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین با تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰ گرم پکتین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ولی تیمار حاوی ۱۰ گرم پکتین با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین

مقدار پیوستگی در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۰/۷۹۱) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۰/۴۴۳) مشاهده شد. هراندز و همکاران (۱۹۹۹) به این مطلب اشاره کردند که تغییر در پیوستگی بافت در ژله‌های حاصل از پالپ توت‌فرنگی و ژلاتین، بستگی به غلظت هیدروکلوئید مصرفی و پالپ میوه دارد. در تحقیق این محققان افزایش پالپ میوه یا کاهش غلظت هیدروکلوئید بر پیوستگی بافت نهایی ژل اثر منفی داشت [۳۹]. در ژله‌های قنادی برهمکنش بین ژلاتین و سایر ترکیبات رخ می‌دهد و ساکارز به پایداری این ساختار کمک می‌کند از ویژگی‌های ژله‌های پکتینی ایجاد ساختار شبکه‌ای پیوسته و متراکم می‌باشد [۱۵]. نتیجه مشابهی در تحقیق حاضر حاصل شد. علت ایجاد فاز پیوسته و متراکم ژله‌های پکتینی تمایل شدید آنها به ایجاد برهمکنش‌های فراوان با مولکول‌های آب می‌باشد [۴۰]. از نتایج افزایش غلظت پکتین افزایش سفتی بافت و انسجام بافتی فرآورده می‌باشد و در نهایت اجزا فرمولاسیون با قدرت بیشتری با هم در تماس قرار می‌گیرند [۴۰ و ۴۱]. الاستیسیته از دیدگاه حسی عبارت است از درجه یا شدتی که نمونه بعد از فشار جزئی بین زبان و سقف دهان به شکل و اندازه اولیه خود بر می‌گردد. در بررسی الاستیسیته بین تیمارها اختلاف معنی‌دار نیست ولی بین تیمار حاوی ۱۰ و ۲۰ گرم پکتین با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار است. بیشترین مقدار الاستیسیته در تیمار شاهد (۳/۴۵۳ میلی‌متر) و کمترین مقدار در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۲/۹۳ میلی‌متر) مشاهده شد. در کاربرد مخلوط هیدروکلوئیدها عوامل غیر ژلی و ویسکوزیته‌دهنده به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند، تا بدین ترتیب ویسکوزیته را افزایش داده یا خواص بهتری در ژله‌ها مانند الاستیسیته را ایجاد کنند [۴۰]. یارمند و همکاران در سال (۲۰۰۸) در پژوهشی با ترکیب زانتان، صمغ لوبیای لوکاست و صمغ گوار با ژلان (به عنوان ژله‌دهنده) مشاهده کردند که کاهش شدیدی در سختی ژل ایجاد شده در نتیجه ژل ترد می‌گردد سختی آن کمتر شده و با افزایش صمغ گوار و زانتان و صمغ لوبیای لوکاست الاستیسیته افزایش می‌یابد. نتایج

تیمارها با شاهد نیز اختلاف معنی دار است. بیشترین مقدار حالت آدامسی در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۲۵/۳۷۳ نیوتن میلی متر) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۱۸/۵۶۳ نیوتن میلی متر) مشاهده شد. هرنازدوز همکاران (۱۹۹۹) نیز به همین مطلب اشاره کرده و تأثیر میزان ژلاتین را بر قابلیت جویدن بافت مستقیم و معنی دار ارزیابی کردند [۳۹]. با توجه به رابطه سفتی بافت و قابلیت جویدن که بلندو همکاران (۲۰۰۴) به آن اشاره نموده اند می توان تأثیر ژلاتین را بر آدامسی شدن بافت توضیح داد. آنها اظهار داشتند که زمان لازم برای جویدن ژل قبل از فرو بردن آن به طور معنی - داری با سفتی ژل افزایش می یابد و ژل های سخت تر به مدت طولانی تری جویده می شوند [۳۵]. در تحقیق حاضر زمان لازم برای جویدن ژل قبل از فرو بردن آن به طور معنی - داری با سفتی ژل افزایش یافت.

۷-۳- بررسی اثرات مهارکنندگی

نتایج حاصل از درصد مهارکنندگی غلظت های مختلف ژله و BHT در جدول ۹ نشان داده شده است.

تحقیق حاضر با نتایج یارمند و همکاران مطابقت دارد [۴۱]. در ژله های خوراکی سختی و الاستیسیته نسبت به یکدیگر رابطه عکس دارند. چنانچه مشاهده شد ژله حاوی ۲۰ گرم پکتین با وجود بیشترین سختی از کمترین الاستیسیته در مقایسه با تیمارهای دیگر برخوردار بود. حالت صمغی عبارت است از انرژی لازم برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه - جامد تا هنگامی که آماده بلع شود [۴۲]. در بررسی حالت صمغی بین تیمارها و بین تیمارها با شاهد نیز اختلاف معنی - دار است. بیشترین مقدار حالت صمغی در تیمار حاوی ۲۰ گرم پکتین (۶/۸۸۹ نیوتن) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۲/۲۶ نیوتن) مشاهده شد. نتایج خزایی و همکاران در سال (۲۰۱۳) نشان داد با افزایش آگار و صمغ گوار در فرمولاسیون پاستیل کیوی پارامتر صمغی بودن بافت افزایش می یابد که این نتیجه را ناشی از اثر هم افزایی بین این دو هیدروکلوئید دانستند [۳۸]. در پژوهش حاضر با افزایش مقدار پکتین، مقدار حالت صمغی افزایش یافت که با نتیجه پژوهش خزائی مطابقت دارد. حالت آدامسی عبارت از انرژی لازم برای جویدن یک ماده غذایی جامد تا هنگامی که آماده بلع شود [۴۲]. در بررسی حالت آدامسی بین تیمارها و بین

Table 9 - Comparison of the average DPPH radical inhibition percentage of different concentrations of jelly and BHT

Treatment Concentration(μg/ml)	Control	10 grams of pectin	20 grams of pectin	BHT
12.50	8.71 ^{Cf}	9.93 ^{Cf}	13.88 ^{Be}	18.89 ^{Af}
25	22.67 ^{Be}	38.66 ^{Ae}	39.92 ^{Ad}	23.01 ^{Be}
50	40.41 ^{Dd}	50.89 ^{Cd}	76.89 ^{Ac}	62.11 ^{Bd}
100	52.69 ^{Dc}	68.41 ^{Cc}	82.76 ^{Bb}	90.65 ^{Ac}
200	86.93 ^{Bb}	87.58 ^{Bb}	94.12 ^{Aa}	94.97 ^{Ab}
500	95.05 ^{Aa}	92.11 ^{Ba}	95.03 ^{Aa}	96.82 ^{Aa}

All numbers are the average (three replicates), the same letters indicate the absence of significant differences (uppercase letters in rows and lowercase letters in columns) (P>0.05).

نظر گرفته شد. فعالیت آنتی رادیکالی در همه تیمارها وابسته به غلظت بود. در بین تیمارها، تیمار ۲۰ گرم پکتین بالاترین فعالیت آنتی رادیکالی را دارا بود که حتی در غلظت های ۲۵ و ۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر فعالیت مهارکنندگی بالاتری نسبت به BHT داشت و در غلظت های ۲۰۰ و ۵۰۰

یکی از روش های ارزیابی اثرات آنتی اکسیدانی گیاهان استفاده از رادیکال های آزاد است و با حذف این رادیکال می توان آسان، سریع و دقیق، توانایی آنتی اکسیدانی را ارزیابی نمود [۴۳]. در این آزمایش BHT به عنوان کنترل مثبت در

BHT در روش مهار رادیکال آزاد DPPH

مقدار میانگین **EC50** (میکروگرم در میلی‌لیتر) بر روی تیمارهای مختلف و **BHT** در روش مهار رادیکال آزاد **DPPH** در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود.

میکروگرم بر میلی‌لیتر اختلاف معنی‌داری با **BHT** نداشت. در تمامی غلظت‌ها، فعالیت مهار رادیکال آزاد تیمار ۰ و ۱۰ گرم پکتین کم‌تر و یا برابر **BHT** و تیمار ۲۰ گرم پکتین بوده است.

۳-۸- بررسی میانگین EC_{50} بر روی تیمارهای مختلف و

Table 10- The average value of EC_{50} ($\mu\text{g/ml}$) on different treatments of jelly and BHT in DPPH free radical inhibition method

Treatment	EC_{50}
Control	81.63 ^a
10 grams of pectin	47.91 ^b
20 grams of pectin	32.25 ^d
BHT	34.77 ^c

All numbers are the average (three replicates), same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

کمتری را نشان دادند نتایج تحقیق حاضر با نتایج یانگ کیل و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد [۴۵].

۴- نتیجه‌گیری

پکتین یک پلی‌ساکارید پر کاربرد در صنایع غذایی و دارویی می‌باشد که به دلیل ویژگی‌های تکنولوژی درمانی منحصر به فرد این ماده است. با توجه به وجود منابع فراوان و ارزان جهت تولید پکتین در کشور می‌توان از واردات آن جهت استفاده در صنعت جلوگیری کرد. محصولات طبیعی سالم‌تر و ایمن‌تر از آنتی‌اکسیدان سنتزی هستند. کدو حلوائی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی و قابل استفاده در صنعت غذا و دارو در جهت حفظ سلامت انسان می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از کلاهی کدو حلوائی و ژله تولیدی به نظر می‌رسد می‌توان از آن به عنوان منبعی از پکتین برای تأمین نیاز صنعت غذا استفاده کرد.

بین تیمارها با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بالاتر بودن فعالیت مهارکنندگی را می‌توان به محتوای فنولی نسبت داد [۴۴]. در تیمار ۲۰ گرم پکتین بالاترین مقدار ترکیبات فنولی وجود داشته است. برای مقایسه فعالیت ضد رادیکالی تیمارها از فاکتوری تحت عنوان EC_{50} استفاده می‌گردد. طبق تعریف، EC_{50} به غلظتی از تیمار اطلاق می‌گردد که در آن ۵۰٪ از رادیکال‌های **DPPH** مهار شوند. با توجه به مقادیر ارائه شده در جدول ۱۰، **BHT** با EC_{50} معادل ۳۴/۷۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر فعالیت مهار بالاتری نسبت به تیمار ۰ و ۱۰ گرم پکتین داشت. در بین تیمارها، تیمار ۲۰ گرم پکتین کمترین EC_{50} ۳۲/۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر و در نتیجه بالاترین فعالیت آنتی-رادیکالی را داشت و تیمار ۰ گرم پکتین کمترین فعالیت آنتی‌رادیکالی را دارا بود (۸۱/۶۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر). این تفاوت در مقادیر EC_{50} به دلیل اختلاف در مقادیر فنول تیمارها می‌باشد. نمونه‌هایی با مقادیر پلی فنول بالاتر، EC_{50}

۵- منابع

- [1] Kalapathy, P. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food. Chem.* 73: 393- 396.
[2] Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y., Yao, J. 2010. Extraction of pectins with different degrees of

- esterification from mulberry branch bark. *Bioresour. Technol.* 101(9): 3268– 3273.
[3] May, C. D. 1990. Industrial pectins: sources, production and applications. *Carbohydr. Polym.* 12(1): 79- 99.

- [4] Kratchanova, M., Pavlova, E., Panchev, I. 2004. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydr. Polym.* 56(2): 181–185.
- [5] Bagherian, H., Ashtiani, F. Z., Fouladitajar, A., Mohtashamy, M. 2011. Comparisons between conventional, microwave-and ultrasound- assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. *Chem. Eng. Process: Process Intens.* 50(11): 1237-1243.
- [6] Santos, J. D. G., Espeleta, A. F., Branco, A., de Assis, S. a. 2013. Aqueous extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydr. Polym.* 92(2):1997–2001.
- [7] Methacanon, P., Kongsin, J., Gamonpilas, C. 2014. Pomelo (*Citrus maximai*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food. Hydrocoll.* 35: 383- 391.
- [8] Guiné, R. P., Barroca, M. J. 2011. Effect of drying on the textural attributes of bell pepper and pumpkin. *Dry. Technol.* 29: 1911- 1919.
- [9] Hosseini, N. M., Mohtashami, M., Kamali, S., Elahi, M. 2015. Optimizing the formula of a low calorie fruit powder jelly using sucralose and isomalt. *J. Res. Innov. Food. Sci. Technol.* 4: 65- 74.
- [10] Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., Sridhar, R. 2014. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citrullus lanatus* fruit rinds. *Carbohydr. Polym.* 101: 786– 791.
- [11] Zuzana, K., Mario, A., Zdenka, H. 2016. HromádkováMicrowave-assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass. *Chem. Eng.Process: Process. Intens.* 102: 9- 1.
- [12] Faravash, R. S., Ashtiani, F. Z. 2008. The influence of acid volume, ethanol-to-extract ratio and acid volume, ethanol-to-extract ratio and acid-washing time on the yield of pectin substances extraction from peach pomace. *Food. Hydrocoll.* 22: 196- 202.
- [13] Bocek, A. M., Zabivalova, N. M., Petropavlovskii, G. A. 2001. Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid. *Russ. J. Appl. Chem.* 74(5): 796- 799.
- [14] Dalev, P. G., Simeonova, L. S. 1995. Emulsifying properties of protein–pectin complexes and their use in oil-containing foodstuffs. *J. Sci. Food. Agric.* 68(2): 203- 206.
- [15] Lofgren, C., Hermansson, A. M. 2007. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels. *Food. Hydrocoll.* 21(3): 480– 486.
- [16] Li, W., Cui, S. W., Kakuda, Y. 2006. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β -D-glucans. *Carbohydr. Polym.* 63(3): 408– 416.
- [17] AOAC .1980. Official method of analysis of the association official analytical chemists. In W. Horwitz .13th Ed. Association of the Official Analytical Chemists. Washington, C, USA. 14–15 p.
- [18] Mirzaei, A., Mohammadi, J., Mirzaei, N., Mirzaei, M. 2011. The Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents of Some Medicinal Plants in Iran. *J. Fasa. Univer Med. Sci.* 1(3): 160- 167. [In Persian]
- [19] Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal. Biochem.* 269: 337- 341.
- [20] Wai, W. W., Alkarkhi, A. F. M., Easa, A. M. 2010. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. *Food. Bioprod. Process.* 88 (2): 209– 214.
- [21] Yap, B., C. Robert, I. Etienne, B. Wathélet., Paquot, M. 2007. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food. Chem.* 100(4): 1356- 1364.
- [22] Yin, X., You, Q., Jiang, Z. 2011. Optimization of enzyme assisted extraction of polysaccharides from *Tricholoma matsutake* by response surface methodology. *Carbohydr. Polym.* 86 (3): 1358– 1364.
- [23] Ma, S., Yu., S.-j., Zheng, X.-l., Wang, X.-x., Bao, Q.-d., Guo., X.-m . 2013. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. *Carbohydr. Polym.* 98(1): 750- 753.
- [24] Seixas, F. L., Fukuda, D. L., Turbiani, F. R. B., Garcia, P. S., Carmen, L. O., Jagadevan, S., et al. 2014. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Food. Hydrocoll.* 38: 186– 192.
- [25] Zarei, M. 2008. Effect of extraction temperature on qualitative characteristics extracted pectin from orange peel. 18th National Congress on Food Technology .Mashad .Iran.https://WWW.civilica.com/Paper-NCFOOD118-NCFOOD_146.html. [In Persian]
- [26] Bueno, A. S., Pereira, C. M., Menegassi, B., and Areas, G.F. 2009. Effect of extrusion on the emulsifying properties of soybean proteins and pectin mixtures modeled by response surface methodology. *J. Food. Eng.* 90: 504- 510.
- [27] Monsoor, M. A., Kalapathy, U., Proctor, A. 2001. Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Food. Chem.* 74(2): 233– 238.
- [28] Khalilian, S., Shahidi, F., Elahi, M., Mohebi, M., Sarmad, M. 2010. The effect of different concentrations of pectin and xanthan on sensory characteristics and water activities of fruit pastille basis of cantaloupe puree. *J. Food. Sci. Technol. Iran.* 4(7): 200- 209. [In Persian]
- [29] Wang, H., Xu, Y. 2004. Reasearch progress in the functional factors ofPumpkin. 20: 55- 57.

- [30] Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude, L., Strautniece, E. 2011. Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia. Food. Sci.* 441 – 447.
- [31] Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T. and Thepjaikat, T. 2006. Utilization of pumpkin powder in bakery products. *Nut. Func. Food.* 28: 71- 79.
- [32] Mohnen, D. 2008. Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion plant. Biol.* 11(3): 266- 277.
- [33] Ryden, P., and Selvendran, R. R. 1990. Structural features of cell-wall polysaccharides of potato (*Solanum tuberosum*). *Carbohydr. Res.* 195(2): 257- 272.
- [34] Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food. Qual. Prefer.* 13(4): 215- 225.
- [35] Boland, A. B., Buhr, K., Giannouli, P., Van Ruth, S. M. 2004. Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. *Food. Chem.* 86(3): 401- 411.
- [36] Chai, E., Oakenfull, D. G., McBride, R. L., Lane, A. G. 1991. Sensory perception and rheology of flavoured gels. *Food. Australia.* 43: 256- 261.
- [37] Taylor, A. J., Besnard, S., Puaud, M., Linforth, R. S. T. 2001. In vivo measurement of flavour release from mixed phase gels. *Biomol. Eng.* 17: 143– 150.
- [38] Khazaei, A., Shahidi, F., Mortazavi, A., Mohebbi, M. 2013. Formulation of Pastill Kiwi and the Effect of Different Concentrations of Agar and Guar on Moisture Content and its Tissue and Sensory Properties. *J. Iran. Food. Sci. Technol. Res.* 10(1): 27- 37.
- [39] Hernández, M. J., Durán, L., Costell, E. 1999. Influence of composition on mechanical properties of strawberry gels. Compression test and texture profile analysis. *Food. Sci. Technol. Int.* 5(1): 79- 87.
- [40] Tolstoguzov, V.B. 1991. Functional properties of food proteins and role of protein-polysaccharide interaction. *Food. Hydrocoll.* 4(6): 429- 468.
- [41] Yarmand, M. S., Hashemi Ravan, M. 2007. The use of hydrocolloids in food industry and other industries. Marze danesh publications, Tehran. [in Persian]
- [42] Williams, P. A., Phillips, G. O. 2000. Handbook of hydrocolloid, Introduction to food hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- [43] Yu, L., Haley, S., Perret, J., Harris, M., Wilson, J., Qian, M. 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *J. Agric. Food. Chem.* 50: 1619 – 1624.
- [44] Iqbal Ismail, H., Wei Chan, K., Adam Mariod, A., Ismail, M. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*cucumis melo*) methanolic extracts. *Food. Chem.* 119: 643- 647.
- [45] Young Kil, H., Seong, E. S., Ghimire, B. K., Chung, Ill. M., Kwon, S. S., Goh, E. J., et al. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. 2009. *Food. Chem.* 115: 1234- 1239.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of Functional Edible Jelly from Extracted Pectin from Pumpkin Cap by Microwave Method

Sedigheh Yazdanpanah^{1*}, Zynab Shahamatpour²

1- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Kaz.C., Islamic Azad University, Kazerun, Iran

2- Graduated from Master's Degree in Food Industry Science and Engineering, Kaz.C., Islamic Azad University, Kazerun, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/12/11 Accepted: 2025/1/27 Keywords: Pumpkin, Pectin, Microwave, Degree of esterification. DOI: 10.22034/FSCT.22.165.180. *Corresponding Author E- sedigheh_yazdanpanah@iau.ac.ir	Pectinic is a polysaccharide and is widely used in the food and pharmaceutical industries due to its unique technological and therapeutic properties. In this study, the production of edible jelly from pumpkin pectin was investigated. Pectin extraction from pumpkin head using microwave at two temperatures of 40 and 50 degrees Celsius, times of 10, 15, 20 and 30 minutes, pH 1.5 and 2 and sample to solvent ratio of 20 and 30% by weight/volume done. Then, the next tests were performed on selected treatments (one treatment for 40°C temperature and one treatment for 50°C temperature) which had higher efficiency. Edible jelly based on apple juice was produced from selected treatments. The degree of esterification, stability and emulsion activity of the treatments were not statistically significant ($P < 0.05$). According to the degree of esterification obtained for the samples, pumpkin pectin belongs to the low-ester category. Examination of FT-IR spectrum showed that the structure of extracted pectins at 40 and 50 °C did not differ significantly from each other ($P < 0.05$). The highest stability of the emulsion related to extracted pectin was determined at 40°C. Examination of the FTIR spectrum showed that the extracted pectins confirm the presence of high concentration of galacturonic acid chains and carboxyl groups. The effect of different levels of pumpkin pectin (0, 10, 20 grams) on the chemical, textural and antioxidant properties of edible jelly based on apple juice was investigated. The chemical properties of treatments containing pumpkin pectin were determined more than the control treatment. The two characteristics of adhesion and elasticity were significantly reduced. The textural characteristics of firmness, cohesion, gummy and gummy state increased with increasing amount of pumpkin pectin. Pumpkin pectin has a high antioxidant effect compared to the control treatment. The anti-radical property was determined to be the highest amount and equal to BHT in the treatment containing 20 grams of pumpkin pectin. The results showed that pumpkin has a strong antioxidant property, usable and safer than synthetic antioxidants in the food and drug industry in order to maintain human health.