مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال یازدهم، شماره 4، زمستان 1395، صفحات 80-71

استخراج و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به کمک امواج مایکروویو

سید سعید حسینی[1]، فرامرز خدائیان[2]، سمانه برازنده[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

2- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران. پست الکترونیکی: Khodaiyan@ut.ac.ir

3- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: 94/10/11 تاریخ پذیرش: 95/2/11

چکیده

سابقه و هدف: پکتین مخلوط پیچیده‌ای از پلی‌ساکاریدها است که به فراوانی در صنعت غذا به‌عنوان ژل‌کننده، ثبات‌دهنده و امولسیفایر مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این تحقیق مقایسه بازده تولید و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین استخراج شده از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا به کمک امواج مایکروویو است.

مواد و روش‌ها: پکتین به کمک امواج مایکروویو با توان 700 وات، زمان پرتودهی 3 دقیقه، *pH* برابر با 1/5 و نسبت حلال به ماده اولیه برابر با 15 وزنی/ حجمی استخراج شد، سپس خواص فیزیکوشیمیایی پکتین‌ها نظیر محتوای گالاکتورونیک اسید، درجه استریفیکاسیون، خواص امولسیفایری، رفتار جریان و طیف مادون قرمز تبدیل فوریه بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پکتین هر سه محصول دارای راندمان (15-14 درصد) و درجه خلوص (با محتوای گالاکتورونیک اسید بالای 65 درصد) مطلوبی هستند. بررسی درجه استریفیکاسیون مشخص کرد که پکتین حاصل از خربزه آناناسی و طالبی سمسوری جزو پکتین‌های با درجه استری پایین و پکتین پوست گالیا جزو پکتین‌های با درجه استری بالا می‌باشند. فعالیت امولسیفایری هر سه پکتین پایین بود. رفتار جریانی محلول‌های پکتین حاصل از پوست خربزه آناناسی و طالبی سمسوری در تمامی غلظت‌ها، نیوتنی ولی پکتین پوست گالیا در غلظت‌های مختلف، رفتارهای متفاوتی نشان داد.

نتیجه گیری: راندمان مناسب، درجه خلوص مطلوب و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین حاصل از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا نشان می‌دهد که می‌توان از این ضایعات کشاورزی به‌عنوان یک منبع نوید بخش در تولید پکتین استفاده نمود.

واژگان کلیدی: پکتین، مایکروویو، خربزه آناناسی، طالبی سمسوری، گالیا

• مقدمه

پکتین مخلوط پیچیده‌ای از پلی‌ساکاریدهای موجود در بافت‌های گیاهی می‌باشد که جزء اصلی آن را گالاکتورونیک اسید و قندهای طبیعی از قبیل L- رامنوز، L- آرابینوز و D- گالاکتوز تشکیل می‌دهد (3-1). قسمت عمده ساختار پکتین ستونی از گالاکتورونیک اسید با پیوندهای α (1 → 4) بوده که به صورت جزئی با متانول و یا استیک اسید استری شده است (5، 4).

از مهم‌ترین پارامترهای تعیین‌کننده کاربرد پکتین درجه استریفیکاسیون آن می‌باشد که بنا به تعریف به درصد گروه‌های کربوکسیل استری شده با متانول اطلاق می‌شود (7، 6). بسته به درجه استریفیکاسیون، پکتین‌ها به دو گروه پکتین با درجه استریفیکاسیون بالا (HMP؛ با درجه استری بالای 50 درصد) و پکتین با درجه استریفیکاسیون پایین (LMP؛ با درجه استری کمتر از 50 درصد) طبقه‌بندی می‌شوند (8، 5). پکتین با درجه استری بالا در حضور غلظت‌های بالای شکر (75-55 درصد) و در pHهای پایین (3/5-2) تشکیل ژل می‌دهد، در حالی که تشکیل ژل در پکتین با درجه استری پایین در دامنه وسیعی از pH، در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

حضور یا بدون حضور مقدار اندک شکر صورت می‌پذیرد، اما وجود یون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم برای تشکیل ژل این نوع پکتین الزامی است (11، 10، 9). پکتین حاصل از پوست هندوانه (12)، تفاله سیب (13) و هلو (3) از جمله پکتین‌های با درجه استری بالا و پکتین حاصل از پوست کاکائو (14) و نارنج (15) از جمله پکتین‌های با درجه استری پایین می‌باشند. پکتین‌ها با درجات استری بالا و پایین خصوصیات فیزیکوشیمیایی مختلف و در نتیجه کاربردهای متفاوتی دارند (14). به‌طور کلی در صنعت غذا پکتین‌ها به‌عنوان ژل کننده، پایدار کننده، بافت دهنده و امولسیفایر برای تولید مرباها و ژله‌ها استفاده می‌شوند (16، 8). همچنین پکتین با درجه استری پایین، ممکن است به‌عنوان ژل کننده در محصولات کم کالری (به علت عدم حضور و یا حضور مقدار جزئی شکر) برای افراد مبتلا به اضافه وزن و یا دیابت مورد استفاده قرار گیرد (9).

علاوه بر درجه استریفیکاسیون، درصد گالاکتورونیک اسید نیز از جمله خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم پکتین می‌باشد که رابطه مستقیمی با میزان خلوص دارد به طوری که هر چه میزان این پارامتر بیشتر باشد پکتین حاصل خالص‌تر است (5). همه انواع پکتین با محتوای بالای گالاکتورونیک اسید توصیف می‌شوند و با توجه به نظر سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (*FAO*) و اتحادیه اروپا (*EU*) پکتین باید حداقل 65% گالاکتورونیک اسید داشته باشد (17).

استفاده از آب داغ اسیدی شده با اسیدهای معدنی از روش‌های سنتی و پرکاربرد استخراج پکتین می‌باشد (4). 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 (7). بنابراین جایگزین کردن این روش با یک روش بهتر و جدیدتر که مشکلات ناشی از آن را 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 زمان فرایند کوتاه‌تر، حلال مصرفی کمتر، راندمان تولید بالاتر، تولید محصول با کیفیت‌تر و صرف هزینه کمتر اشاره کرد (19، 18).

پکتین تجاری عمدتاً از پوست مرکبات، تفاله سیب و چغندر قند استخراج می‌شود (21، 20)، اما محققین و تولید کنندگان به دنبال منابع جدید بوده و هستند و مطالعات زیادی روی پکتین منابع غیر تجاری از قبیل پوست کاکائو (14)، پوست شاخه توت (16)، تفاله هلو (3)، ضایعات گیاه سیزال (6)، پوست هندوانه (22)، پوست سویا (23)، کدو تنبل (24) و پوست موز (25) انجام داده‌اند.

ملون‌ها (*Cucumis melo* L.) از جمله میوه‌های پر مصرف خانواده کدوییان بوده که دارای خواص تغذیه‌ای و دارویی فراوانی می‌باشند. این میوه‌ها غنی از ترکیبات مغذی چون بتاکاروتن، ویتامین C و پتاسیم است، همچنین این محصولات در درمان و پیشگیری بیماری‌هایی مانند انواع سرطان‌ها، میگرن، پارکینسون، سرماخوردگی، چاقی و ناراحتی‌های معده مؤثر می‌باشند (26). طبق گزارشات سازمان خواربار جهانی (*FAO*) در سال 2004، چهار کشور چین، ترکیه، ایران و آمریکا به تنهایی 57 درصد از کل ملون‌ها در جهان را تولید می‌کنند (27). خربزه آناناسی (*Cucumis melo* group Inodorus var. Ananasi)، طالبی سمسوری (*Cucumis melo* group Cantalupensis var. Samsuri) و گالیا (*Cucumis melo* group Cantalupensis var. Galia) که در محاوره به ترتیب به آنها دستنبو، طالبی و ملون گفته می‌شود، سه عضو پرمصرف این گونه (ملون‌ها) بوده که به فراوانی در کشور، بخصوص در فصول گرم سال مصرف می‌شوند (27). پوست این محصولات که اغلب به‌عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود، منبع با ارزشی از پکتین است. بنابراین استفاده از آن برای تولید پکتین، علاوه بر تولید یک فراورده با ارزش از محصولات جانبی کارخانه‌های تولید آبمیوه، سبب کاهش مشکلات مربوط به دفع ضایعات نیز می‌شود. لذا در این تحقیق، ابتدا پکتین به کمک امواج مایکروویو از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا استخراج شد و سپس راندمان و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن بررسی و مقایسه گردید.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه و معرف‌ها: پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری (که در ادامه به آنها خربزه و طالبی گفته شده است) و گالیا از فروشگاه‌هایی در سطح شهر کرج، استان البرز تهیه گردید. ابتدا پوست میوه جدا شد و پس از شستشو و برش، روی سینی‌هایی از جنس استیل ضد زنگ در آون (دمای 50°C) تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید. سپس پوست خشک شده آسیاب شد و توسط مش شماره 40 الک گردید. پودر تهیه شده در کیسه‌های سیاه پلی اتیلنی و در محیط خشک برای انجام آزمایشات بعدی نگهداری شد. سیتریک‌اسید، هیدروکلریک‌اسید، سدیم‌هیدروکسید، اسیدسولفوریک، تترابورات‌سدیم و سدیم‌آزید از شرکت مرک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

آلمان و معرف متا هیدروکسی‌دی‌فنیل و گالاکتورونیک‌اسید از شرکت سیگما آمریکا خریداری شد. روغن آفتاب‌گردان از شرکت اویلا ایران فراهم گردید.

استخراج پکتین: از روش Li و همکاران (28) با کمی تغییر برای استخراج پکتین از پوست خربزه، طالبی و گالیا با استفاده از امواج مایکروویو استفاده شد. پکتین تحت شرایط توان مایکروویو 700 وات، زمان پرتودهی 3 دقیقه، pH برابر با 1/5 (از سیتریک اسید برای تنظیم pH استفاده شد) و نسبت حلال استخراج به ماده اولیه 1 :15 وزنی/ حجمی (این شرایط با انجام آزمایش‌های مقدماتی انتخاب شدند) از پوست میوه‌ها استخراج شد. پس از طی فرایند استخراج، ذرات معلق و ناخالصی‌های غیر قابل حل توسط سانتریفیوژ در دور 10000 x g به مدت 20 دقیقه جدا گردید. جهت جداسازی پکتین از محلول اسیدی، از الکل 96 درصد استفاده شد. الکل به نسبت یک به یک به محلول اسیدی اضافه شده و سپس به مدت 24 ساعت در دمای 4°C محلول نگهداری شد. پس از این مدت پکتین در محلول به صورت ابری دیده شد و با استفاده از سانتریفیوژ در 10000 x g به مدت 15 دقیقه، جدا شد و پس از دو مرتبه شستشو با الکل 96 درصد (به منظور جداسازی مونو و دی ساکاریدها)، در آون با دمای 50°C تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید و بعد از دسیکاتور گذاری و رسیدن به وزن ثابت، بازده تولید پکتین با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید: (2)

= بازده استخراج (درصد)

100 x (پودر خشک اولیه (گرم) / پکتین خالص (گرم))

اندازه‌گیری محتوای گالاکتورونیک اسید: محتوای گالاکتورونیک اسید با استفاده از روش Blumenkratz و Asboe-Hansen (29) با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. به لوله‌های آزمایش حاوی یک میلی‌لیتر نمونه (200 µg/mL)، 6 میلی لیتر محلول 0/0125 مولار تترا بورات سدیم در اسید سولفوریک اضافه شد. سپس لوله‌ها به منظور سرد شدن در حمام آب- یخ قرار گرفتند. پس از مخلوط سازی، نمونه‌ها به مدت 6 دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها در حمام آب- یخ، 1 میلی‌لیتر معرف متا هیدروکسی دی فنیل به هر یک از لوله‌های آزمایش اضافه شده و به هم زده شدند، سپس حداکثر جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفوتومتر در طول موج 520 نانومتر خوانده شد. با مقایسه مقدار جذب خوانده شده با منحنی استاندارد، مقدار گالاکتورونیک‌اسید محاسبه گردید. برای رسم منحنی استاندارد گالاکتورونیک اسید، از محلول *D*-گالاکتورونیک-اسید در آب مقطر دیونیزه، رقت‌های مختلف تهیه شده (250-0 میکروگرم در میلی لیتر)، و جذب هر یک از آنها در طول موج 520 نانومتر خوانده شد. سپس نمودار جذب در مقابل غلظت رسم گردید.

اندازه‌گیری درجه استریفیکاسیون: درجه استریفیکاسیون نمونه‌ها با روش Santos و همکاران (6) با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. 0/1 گرم پکتین خشک به داخل ارلن 100 میلی‌لیتری ریخته شده و سپس با 3 میلی‌لیتر اتانول 96 درصد مخلوط شد. در مرحله بعد، 20 میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شده و روی گرم‌کن مجهز به همزن مغناطیسی در دمای 40°C تا زمان حل شدن کامل پکتین به هم زده شد. 5 قطره فنل فتالئین به آن اضافه شده و با سدیم‌هیدروکسید 0/1 مولار تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیتر گردید (حجم اولیه). سپس، 10 میلی‌لیتر سدیم‌هیدروکسید 0/1 مولار اضافه کرده و به مدت 15 دقیقه برای هیدرولیز بر روی همزن مغناطیسی به هم زده شد. در مرحله بعد، 10 میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید 0/1 مولار اضافه شده و تا از بین رفتن کامل رنگ صورتی به هم زده شد و سپس هیدروکلریک‌اسید باقی‌مانده با سدیم‌هیدروکسید 0/1 مولار تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد (حجم ثانویه). درجه استریفیکاسیون با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

= درجه استریفیکاسیون (درصد)

100 x ((حجم اولیه + حجم ثانویه) / حجم ثانویه)

بررسی خصوصیات امولسیفایری: برای تخمین فعالیت امولسیفایری و ثبات امولسیون از روش Dalev و Simeonova (30)، با کمی تغییر استفاده شد. برای تهیه امولسیون 5 میلی‌لیتر روغن آفتاب‌گردان به 5 میلی‌لیتر محلول پکتین 5 درصد حجمی/وزنی (شامل 0/02 درصد سدیم‌آزید به عنوان ضد باکتری) اضافه شد. در مرحله بعد، نمونه‌ها با هموژنایزر در 10000 دور بر دقیقه به مدت 4 دقیقه مخلوط شدند. سپس، امولسیون‌ها در شرایط دور 4000 x g به مدت 5 دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شدند. فعالیت امولسیفایری با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

= فعالیت امولسیفایری (درصد)

100 x (حجم کل نمونه / حجم لایه امولسیون شده)

برای مطالعه ثبات امولسیون، نمونه‌های تولید شده، به مدت 1 و 30 روز در هر یک از دماهای 23 °C و 4 نگهداری شد. سپس این فاکتور با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

= ثبات امولسیون (درصد)

100 x (حجم لایه امولسیون اولیه / حجم لایه امولسیون باقی‌مانده)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

اندازه‌گیری ویسکوزیته: در این قسمت ابتدا مخلوط پکتین و آب مقطر در غلظت‌های مختلف (0/1، 0/5 و 1 درصد حجمی/ وزنی) روی گرمکن مجهز به همزن مغناطیسی تا حل شدن کامل بهم زده شد، سپس به منظور هیدراته شدن کامل به مدت 24 ساعت در دمای 4°C نگهداری شد. در ادامه ویسکوزیته غلظت‌های مختلف پکتین به وسیله یک ویسکومتر چرخشی قابل برنامه‌ریزی (LVDV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA)، و با استفاده از اسپیندل *LV* در دمای اتاق اندازه‌گیری شد (31). حدود 25 میلی‌لیتر از هر نمونه به داخل استوانه ویسکومتر ریخته شد و نرخ برش از 2/01 تا 98/12 بر ثانیه با فاصله‌های 3 ثانیه برنامه‌ریزی گردید. سپس نمودار ویسکوزیته در مقابل نرخ برش رسم شد.

***طیف* FT-IR:** طیف FT-IR با دقت 4 بر سانتی‌متر و به‌وسیله اسپکترومتر FT-IR پرکین المر (Perkin Elmer Co., MA, USA) با استفاده از روش صفحه KBr در دامنه 4000 تا 450 بر سانتی‌متر رسم گردید.

آنالیز آماری: این تحقیق براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (V. 16) انجام گرفت. تمام آزمایشات در سه تکرار تهیه شدند.

• یافته‌ها

راندمان استخراج: نتایج استخراج پکتین (تحت شرایط گفته شده در قسمت مواد و روش‌ها) از پوست خربزه، طالبی و گالیا نشان داد که راندمان تولید پکتین از پوست این محصولات به ترتیب در حدود 15/03، 15/13 و 14/27 درصد بوده است (جدول 1).

محتوای گالاکتورونیک اسید: درصد گالاکتورونیک اسید نشان دهنده میزان خلوص پکتین می‌باشد و هر چه میزان این پارامتر بیشتر باشد پکتین حاصل خالص‌تر است (5). در این تحقیق، درصد گالاکتورونیک اسید پکتین استخراج شده از پوست خربزه، طالبی و گالیا در شرایط استخراج مذکور، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محتوای گالاکتورونیک اسید پکتین حاصل از این محصولات به ترتیب در حدود 66/53، 75/07 و 69/89 درصد بوده است (جدول 1). همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین درصد گالاکتورونیک اسید مربوط به پکتین استخراج شده از پوست طالبی می‌باشد.

درجه استریفیکاسیون: همان‌طور که گفته شد، درجه استریفیکاسیون از فاکتورهای مهمی است که تا حدود زیادی تعیین کننده کاربرد پکتین می‌باشد (6). نتایج نشان داد که درجات استریفیکاسیون پکتین‌های حاصل از پوست خربزه، طالبی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول 1) و این دو نوع پکتین جزو گروه پکتین‌های با درجه استری پایین طبقه‌بندی می‌شوند؛ زیرا درجه استریفیکاسیون آنها کمتر از 50 درصد است. از طرفی جدول 1 نشان می‌دهد که این پارامتر در پکتین استخراج شده از پوست گالیا بالاتر از 50 درصد بوده و به طور معنی‌داری بیشتر از نتایج به دست آمده در مورد خربزه و طالبی است. از این رو پکتین حاصل از پوست گالیا جزء گروه پکتین‌های با درجه استریفیکاسیون بالا طبقه‌بندی می‌شود (5).

جدول 1. بازده استخراج، درصد گالاکتورونیک اسید و درجه استریفیکاسیون پکتین استخراج شده از پوست خربزه، طالبی و گالیا

منبع	بازده استخراج (%)	گالاکتورونیک اسید (%)	درجه استریفیکاسیون (%)
خربزه	15/03[a]	66/53[a]	42/35[a]
طالبی	15/13[a]	75/07[b]	41/33[a]
گالیا	14/27[a]	69/89[c]	57/56[b]

*هر عدد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($P<0/05$).

خصوصیات امولسیفایری: در این پژوهش، فعالیت امولسیفایری و پایداری امولسیون پکتین‌های حاصل از پوست خربزه، طالبی و گالیا در شرایط استخراج گفته شده در بالا، مورد بررسی قرار گرفت. پس از تشکیل امولسیون‌ها سه فاز مشاهده شد. فاز روغن به دلیل چگالی کمتر در بالا و فاز محلول به دلیل چگالی بیشتر در پایین و فاز امولسیون به دلیل چگالی متوسط در وسط قرار گرفتند. نتایج نشان داد که فعالیت امولسیفایری که بنا به تعریف حجم لایه امولسیونی به حجم کل می‌باشد برای پکتین‌های حاصل از پوست خربزه، طالبی و گالیا به ترتیب در حدود 8/17، 11/67 و 35/67 درصد بوده است. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود فعالیت امولسیفایری پکتین حاصل از پوست گالیا به طور معنی‌داری بیشتر از پوست خربزه و طالبی است. بعلاوه پکتین حاصل از پوست خربزه و طالبی با پایداری امولسیون به ترتیب در حدود 95/3 و 95/6 درصد در دمای 4 °C و حدود 94/4 و 94/9 درصد در دمای 23 °C، دارای پایدارترین امولسیون‌ها بعد از یک روز نگهداری هستند. همچنین پکتین استخراج شده از پوست طالبی با پایداری امولسیون حدود 94/13 درصد در دمای 4 °C و حدود 87/03 درصد در دمای 23 °C، پایدارترین امولسیون را پس از 30 روز نگهداری در هر دو دمای مورد آزمایش تشکیل داده است (جدول 2).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

جدول 2. فعالیت امولسیفایری و پایداری امولسیون روغن/ محلول 0/5 درصد حجمی/ وزنی پکتین استخراج شده از پوست خربزه، طالبی و گالیا

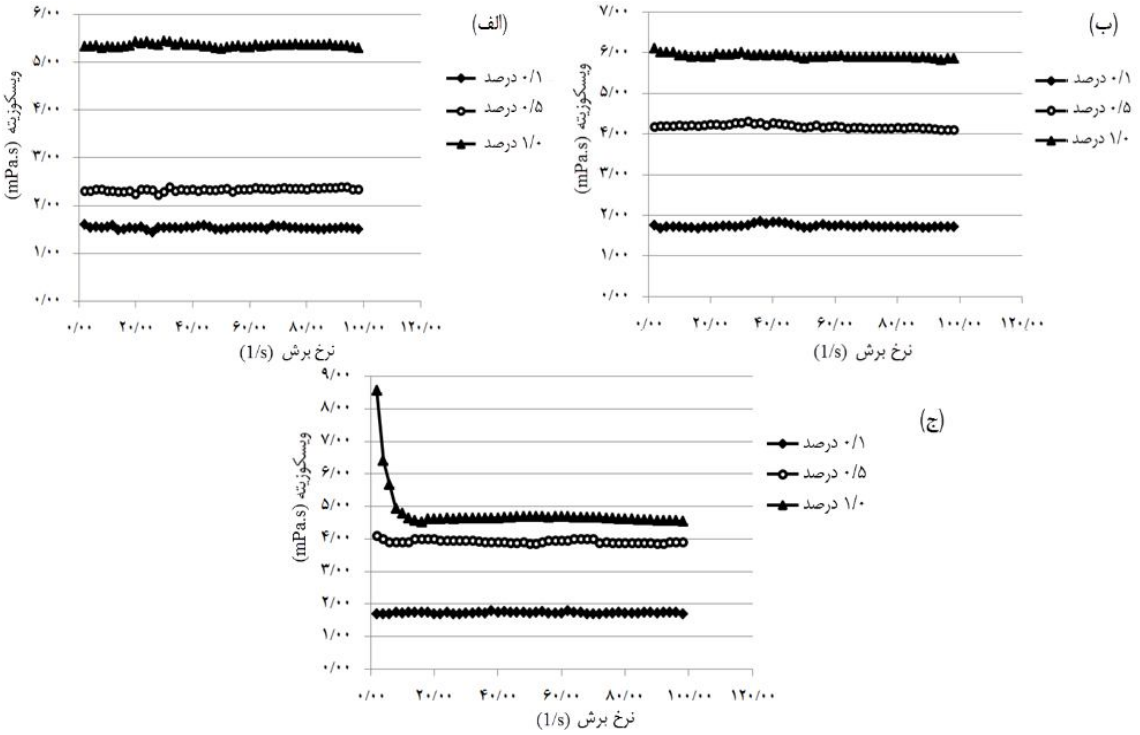
فعالیت امولسیفایری		پایداری امولسیون			
نوع پکتین		1 روز		30 روز	
دما (درجه سلسیوس)	23	4	23	4	23
پکتین[1]	8/17[a]	95/3[a]	94/4[a]	91/18[a]	81/38[a]
پکتین[2]	11/67[b]	95/6[a]	94/9[a]	94/13[b]	87/03[b]
پکتین[3]	35/67[c]	91/7[b]	89/00[b]	88/34[c]	77/19[c]

1، 2 و 3- به ترتیب پکتین استخراج شده از خربزه، طالبی و گالیا.

*هر عدد میانگین سه تکرار (Mean±SD) است.

**حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (P<0/05).

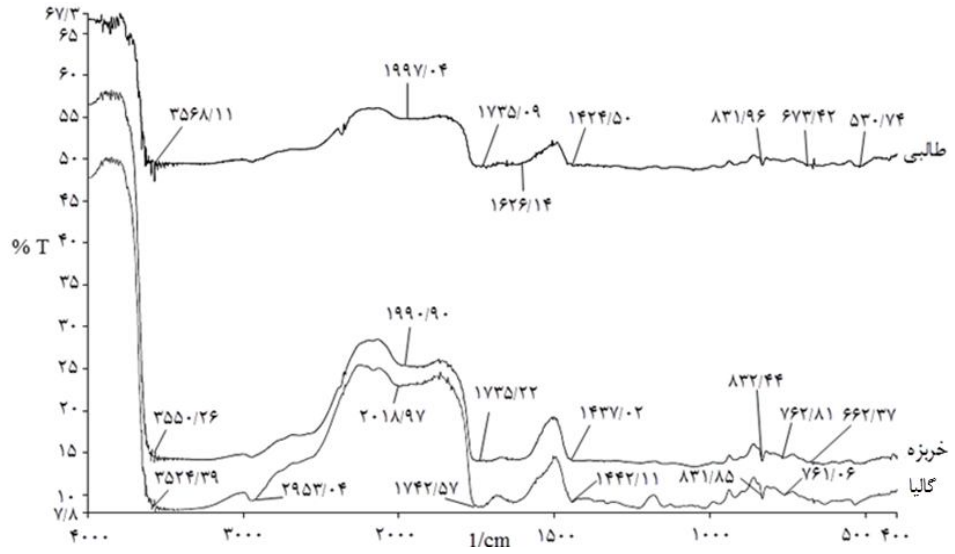
بررسی ویسکوزیته و رفتار جریان: نتایج این آزمایش در دمای اتاق نشان داد پکتین حاصل از پوست خربزه (شکل 1، الف) و طالبی (شکل 1، ب) در هر سه غلظت مورد آزمایش دارای رفتار نیوتنی بوده، به طوری که با افزایش نرخ برش ویسکوزیته ثابت مانده است. شکل 1، (ج) نشان می‌دهد که رفتار جریان محلول پکتین حاصل از پوست گالیا در غلظت‌های مختلف، متفاوت است، به طوری که در دو غلظت 0/1 و 0/5 درصد حجمی/ وزنی دارای رفتار نیوتنی بوده ولی در غلظت‌های بالاتر (1 درصد حجمی/ وزنی) از نیوتنی به رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) تغییر رفتار می‌دهد و ویسکوزیته با افزایش نرخ برش کاهش می‌یابد.



شکل 1. رفتار جریان محلول‌های پکتین استخراج شده از پوست
الف- خربزه، ب- طالبی و ج- گالیا در غلظت‌های مختلف (بر اساس درصد حجمی/وزنی).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

طیف *FT-IR*: یکی از راه‌های شناسایی ساختار پکتین استفاده از طیف *FT-IR* است. در شکل 2، طیف *FT-IR* مربوط به پکتین‌های استخراج شده از پوست خربزه، طالبی و گالیا نشان داده شده است. ناحیه جذبی قوی بین 3500-3300 بر سانتی‌متر مربوط به گروه‌های *OH* موجود در قسمت‌های مختلف ساختار پلیمر گالاکتورونیک اسید است. پیک موجود در محدوده 2950 بر سانتی‌متر مربوط به ارتعاشات *C-H* می‌باشد که شامل ارتعاشات خمشی و کششی گروه‌های *CH*، CH_2 و CH_3 است (32). به همین ترتیب، پیک محدوده 1740 مربوط به ارتعاشات $O\text{-}CH_3$ می‌باشد. گروه‌های کربوکسیلات دارای دو پیک هستند: (1) ارتعاشات کششی نامقارن در محدوده 1626 بر سانتی‌متر، (2) ارتعاشات کششی متقارن ضعیف‌تر در محدوده 1435 بر سانتی‌متر. پیک‌های جذبی موجود در محدوده 1102 و 1018 مربوط به پیوندهای گلیکوزیدی بین واحدهای قندی می‌باشند. به طور کلی به مجموع پیک‌های ناحیه بین 1200 و 800، منطقه اثر انگشت گویند که یک ناحیه منحصر به فرد می‌باشد (33).



شکل 2. طیف *FT-IR* پکتین استخراج شده از پوست خربزه، طالبی و گالیا در دامنه فرکانس 450- 4000 بر سانتی‌متر

• بحث

نتایج بررسی بازده استخراج نشان داد که اختلاف بین راندمان پکتین استخراج شده از این سه محصول از نظر آماری معنی‌دار نیست (جدول 1). بنابراین می‌توان گفت بازده استخراج پکتین از پوست این سه محصول تقریباً در یک سطح می‌باشد. با مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با تحقیقات دیگر می‌توان بیان داشت که راندمان تولید پکتین حاصل از پوست خربزه، طالبی و گالیا به طور معنی‌داری کمتر از پکتین حاصل از پوست هندوانه (به‌عنوان عضو دیگری از خانواده کدوییان) می‌باشد، زیرا نتایج حاصل از پژوهش Maran و همکاران (22) که پکتین را از پوست هندوانه با استفاده از امواج مایکروویو استخراج کردند، نشان می‌دهد که بازده استخراج پکتین از این محصول در شرایط استخراج توان مایکروویو 477 وات، زمان پرتودهی 128 ثانیه، نسبت مایع به جامد 20/3 وزنی/ حجمی و *pH* برابر با 1/52 در حدود 25/53 درصد می‌باشد. اما زمانی که از محلول اسیدی داغ در شرایط دمای 85 °C، زمان استخراج 4 ساعت و *pH* برابر با 2/30 برای استخراج پکتین از پوست هندوانه استفاده شد راندمان استخراج (9/30 درصد) به‌طور معناداری کمتر از نتایج حاصل از این تحقیق بود، که این نشان دهنده کارایی بالای امواج مایکروویو در استخراج پکتین از پوست محصولات گیاهی می‌باشد (12). همچنین بازده استخراج پکتین در تحقیق حاضر از نتایج گزارش شده در مورد پکتین استخراج شده از منابع تجاری آن یعنی پوست پرتقال (حدود 19/19 درصد در استخراج به کمک امواج مایکروویو) و تفاله چغندر قند (حدود 17/2 درصد در استخراج اسیدی) کمتر و از تفاله سیب (9/73 درصد در استخراج اسیدی) بیشتر بوده است

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

(35، 34، 13). البته لازم به ذکر است که مقایسه درست زمانی صورت می‌پذیرد که از یک روش و در شرایط آزمایشی یکسان برای استخراج پکتین از محصولات مختلف استفاده شود. لذا هدف از مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با سایر پژوهش‌ها تنها ایجاد یک دید کلی از میزان راندمان تولید و خصوصیات کیفی پکتین حاصل از منابع مختلف است.

با بررسی نتایج حاصل از محتوای گالاکتورونیک اسید می‌توان بیان داشت که درصد گالاکتورونیک اسید هر سه نوع پکتین بالاتر از 65 درصد بوده، بنابراین پکتین‌های حاصل با اساسنامه سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (*FAO*) و اتحادیه اروپا (*EU*) مطابقت دارند (17). جدول 1 نشان می‌دهد که هر سه نوع پکتین از خلوص مطلوبی برخوردار بوده، هر چند که بالاترین خلوص مربوط به پکتین حاصل از پوست طالبی است. فاکتورهای مختلفی روی محتوای گالاکتورونیک اسید مؤثر هستند که از مهم‌ترین آن می‌توان به منبع پکتین و شرایط استخراج اشاره کرد (5). با مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با منابع تجاری پکتین می‌توان بیان داشت که محتوای گالاکتورونیک اسید پکتین استخراج شده از این سه منبع تقریباً مشابه با تفاله چغندر قند (77/8- 60/2 درصد) و سیب (حدود 73/8) بوده است (36، 34).

پس از بررسی درجه استریفیکاسیون مشخص گردید که پکتین حاصل از پوست خربزه و طالبی جزو پکتین‌های با درجه استریفیکاسیون پایین بوده و می‌توان از آنها برای تولید محصولات با شکر کم مثل ژله‌ها و مرباهای کم کالری استفاده کرد (9). در حالی که پکتین حاصل از پوست گالیا جزو گروه پکتین‌های با درجه استریفیکاسیون بالا طبقه‌بندی می‌شود (5). در تحقیقی Wai و همکاران (12)، راندمان و درجه استریفیکاسیون پکتین حاصل از پوست هندوانه (به‌عنوان عضو دیگری از خانواده کدوییان) را مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که درجه استریفیکاسیون پکتین حاصل از این محصول در شرایط بهینه استخراج (دمای 85 °C، زمان استخراج 4 ساعت و *pH* برابر با 2/30) حدود 56 درصد بوده، که مشابه نتایج به دست آمده از پوست گالیا، در گروه پکتین‌های با درجه استری بالا طبقه‌بندی می‌شود. در تحقیقی دیگر Liu و همکاران (16) که به بررسی درجه استریفیکاسیون پکتین حاصل از پوست شاخه توت (به‌عنوان یک منبع غیر تجاری پکتین) پرداختند، گزارش کردند که پکتین حاصل از پوست شاخه توت با اپیدرم دارای درجه استریفیکاسیون کمتر از 50 درصد بوده (حدود 24/27 درصد) و مشابه نتایج به دست آمده از پوست خربزه و طالبی، در گروه پکتین‌های با درجه استری پایین طبقه‌بندی می‌شود.

خصوصیات امولسیفایری پکتین وابسته به حضور گروه‌هایی چون استیل، اسید فرولیک و پروتئین می‌باشد (37). نتایج بررسی خواص امولسیفایری نشان داد که پکتین حاصل از پوست گالیا دارای بالاترین فعالیت امولسیفایری می‌باشد (جدول 2). با مقایسه نتایج حاصل با گزارشات سایر محققین می‌توان بیان داشت که فعالیت‌های امولسیفایری به دست آمده در این تحقیق به طور معنی‌داری کمتر از نتایج گزارش شده (حدود 45 درصد در استخراج اسیدی) در مورد تفاله چغندر قند (به‌عنوان یکی از منابع تجاری پکتین) می‌باشد (5). همچنین جدول 2 نشان می‌دهد که پایدارترین امولسیون مربوط به پکتین حاصل از پوست طالبی بوده است. لازم به ذکر است، اگر چه پکتین‌های به دست آمده در این تحقیق دارای فعالیت امولسیفایری نسبتاً پایینی می‌باشند اما از ثبات امولسیونی مطلوبی در هر دو دمای مورد آزمایش برخوردار بوده، هر چند که استفاده از دماهای پایین برای نگهداری امولسیون‌ها مناسب‌تر بوده است (جدول 2). این که امولسیون‌ها در دماهای پایین پایدارتر هستند توسط بسیاری از محققین تأیید شده است (34، 5).

به‌طور کلی هیدروکلوئیدهایی مانند پکتین به دلیل ساختار ماکرومولکولی مختلف موجود در آنها، قادر به ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت‌های پایین می‌باشند (38). همچنین وزن مولکولی، درجه استریفیکاسیون، غلظت و *pH* از دیگر عوامل مهم در تعیین ویسکوزیته محلول‌های پکتینی است (39). شکل 1 نشان می‌دهد که محلول پکتین حاصل از پوست خربزه و طالبی در هر سه غلظت مورد آزمایش (0/1، 0/5 و 1 درصد حجمی/ وزنی) دارای رفتاری نیوتنی بوده، در حالی که محلول پکتین حاصل از پوست گالیا اگر چه در دو غلظت 0/1 و 0/5 درصد دارای رفتاری مشابه و نیوتنی است اما با افزایش غلظت از 0/5 به 1 درصد حجمی/ وزنی از نیوتنی به رقیق شونده با برش تغییر رفتار داده است. تغییر رفتار محلول پکتین با افزایش غلظت به این دلیل است که، تنش برشی می‌تواند سبب شکسته شدن رشته‌های بیوپلیمری و هم جهت شدن آنها با میدان برشی شود و یا حداقل سبب شکسته شدن پیوندهای فیزیکی ضعیف بین بیوپلیمرهای پکتین شده که در نتیجه آن ویسکوزیته کاهش می‌یابد. این روند کاهش ویسکوزیته، با افزایش نرخ برش ادامه یافته تا اینکه به یک مقدار ثابتی می‌رسد (40). در تحقیقی مشابه، Chen و همکاران (32) ویژگی‌های رئولوژیکی پکتین استخراجی از

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

Abelmoschus esculentus را مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند که محلول پکتین تولیدی از این محصول در غلظت-های پایین (کمتر از 1 درصد حجمی/ وزنی) دارای رفتار نیوتنی بوده ولی با افزایش غلظت، از نیوتنی به سودوپلاستیک تغییر رفتار می‌دهد.

استفاده از طیف FT-IR از روش‌های نوین بررسی ساختار پکتین می‌باشد (41). نتایج به دست آمده از این طیف و مقایسه آن با گزارشات سایر محققین، حضور غلظت بالای زنجیره‌های گالاکتورونیک اسید در پکتین استخراجی را تأیید کرد (6).

در این مطالعه از امواج مایکروویو برای استخراج پکتین از پوست خربزه آناناسی، طالبی سمسوری و گالیا استفاده شد. نتایج نشان داد که پکتین حاصل از هر سه محصول دارای راندمان و درجه خلوص مطلوبی بوده است. بررسی درجه استریفیکاسیون نشان داد که پکتین حاصل از پوست خربزه و طالبی دارای درجه استریفیکاسیون کمتر از 50 درصد بوده در حالی که این پارامتر در پکتین بدست آمده از پوست گالیا بیش از 50 درصد بوده است. همچنین هر سه محصول دارای ثبات امولسیونی مطلوبی بوده، در حالی که بیشترین میزان فعالیت امولسیفایری مربوط به پکتین حاصل از پوست گالیا (35/67 درصد) بوده است.

• References

1. Axelos MAV, Thibault J, Lefebvre J. Structure of citrus pectins and viscometric study of their solution properties. Int J Biol Macromol 1989; 11(3): 186–191.
2. Basanta MF, Ponce NMA, Rojas AM, Stortz CA. Effect of extraction time and temperature on the characteristics of loosely bound pectins from Japanese plum. Carbohydr Polym 2012; 89(1): 230–235.
3. Pagan J, Ibarz A. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. J Food Eng 1999; 39(2): 193–201.
4. Xu Y, Zhang L, Bailina Y, Ge Z, Ding T, Ye X, et al. Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. J Food Eng 2014; 126: 72–81.
5. Yapo BM, Robert C, Etienne I, Wathelet B, Paquot M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. Food Chem 2007; 100(4): 1356–1364.
6. Santos JDG, Espeleta AF, Branco A, de Assis SA. Aqueous extraction of pectin from sisal waste. Carbohydr Polym 2013; 92(2): 1997–2001.
7. Seixas FL, Fukuda DL, Turbiani FRB, Garcia PS, Carmen LO, Jagadevan S, et al. Extraction of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa) by microwave-induced heating. Food Hydrocoll 2014; 38: 186–192.
8. Thakur BR, Singh RK, Handa AK, Rao MA. Chemistry and uses of pectin- a review. Crit Rev Food Sci Nutr 1997; 37(1): 47–73.
9. Wai WW, Alkarkhi AFM, Easa AM. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. Food Bioprod Process 2010; 88(2): 209–214.
10. Lofgren C, Hermansson AM. Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels. Food Hydrocoll 2007; 21(3): 480–486.
11. Lopes da Silva JA, Rao MA. Pectins: Structure, functionality, and uses. In: Stephen AM, Philips GO, Williams PA, editors. Food polysaccharides and their applications. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press 2006. p. 353–411.
12. Wai WW, Alkarkhi AFM, Easa AM. Optimization of pectin extraction from durian rind (Durio zibethinus) using response surface methodology. J Food Sci 2009; 74(8): C637–C641.
13. Canteri-Schemin MH, Fertonani HCR, Waszczynskyj N, Wosiacki G. Extraction of pectin from apple pomace. Braz Arch Biol Technol 2005; 48(2): 259–266.
14. Chan S, Choo W. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. Food Chem 2013; 141(4): 3752–3758.
15. Hosseini SS, Khodaiyan F, Yarmand MS. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. Int J Biol Macromol 2016; 82: 920–926.
16. Liu L, Cao J, Huang J, Cai Y, Yao J. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. Bioresour Technol 2010; 101(9): 3268–73.
17. Willats WGT, Knox JP, Mikkelsen JD. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. Trends Food Sci Technol 2006; 17(3): 97–104.
18. Bagherian H, Ashtiani FZ, Fouladitajar A, Mohtashamy M. Comparisons between conventional, microwave-and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. Chem Eng Process 2011; 50(11): 1237–1243.
19. Kratchanova M, Pavlova E, Panchev I. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. Carbohydr Polym 2004; 56(2): 181–185.
20. Mesbahi G, Jamalian J, Farahnaky A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food Hydrocoll 2005; 19(4): 731–738.
21. May CD. Industrial pectins: sources, production and applications. Carbohydr Polym 1990; 12(1): 79–99.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

22. Maran JP, Sivakumar V, Thirugnanasambandham K, Sridhar R. Microwave assisted extraction of pectin from waste Citrullus lanatus fruit rinds. Carbohydr Polym 2014; 101: 786–791.

23. Kalapathy U, Proctor A. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. Food Chem 2001; 73(4): 393–396.

24. Ptichkina NM, Markina OA, Rumyantseva GN. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. Food Hydrocoll 2008; 22(1): 192–195.

25. Qiu L, Zhao G, Wu H, Jiang L, Li X, Liu J. Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology. Carbohydr Polym 2010; 80(2): 326–331.

26. Robinson RW, Decker-Walters DS, editors. Cucurbits. N. Y: Cab international 1997. p. 50-200.

27. Soltani F. Evaluation of Iranian melon landraces (*cucumis melo* L.) using genetic markers. Tehran: University of Tehran, Faculty of Science and Agriculture Engineering; 2009 [in Persian].

28. Li D, Jia X, Wei Z, Liu Z. Box–Behnken experimental design for investigation of microwave-assisted extracted sugar beet pulp pectin. Carbohydr Polym 2012; 88(1): 342–346.

29. Blumenkrantz N, Asboe-Hansen G. New method for quantitative determination of uronic acids. Anal Biochem 1973; (54): 484–489.

30. Dalev PG, Simeonova LS. Emulsifying properties of protein–pectin complexes and their use in oil-containing foodstuffs. J Sci Food Agric 1995; 68(2): 203–206.

31. Garavand F, Madadlou A. Recovery of phenolic compounds from effluents by a microemulsion liquid membrane (MLM) extractor. Colloids Surf A 2014; 443: 303–310.

32. Chen Y, Zhang JG, Sun HJ, Wei ZJ. Pectin from Abelmoschus esculentus: Optimization of extraction and rheological properties. Int J Biol Macromol 2014; 70: 498–505.

33. Kostalova Z, Hromadkova Z, Ebringerova A, Polovka M, Michaelsen TE, Paulsen BS. Polysaccharides from the Styrian oil-pumpkin with antioxidant and complement-fixing activity. Ind Crop Prod 2013; 41: 127–133.

34. Ma S, Yu S, Zheng X, Wang X, Bao QD, Guo X. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. Carbohydr Polym 2013; 98(1): 750–3.

35. Maran JP, Sivakumar V, Thirugnanasambandham K, Sridhar R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. Carbohydr Polym 2013; 97(2): 703–709.

36. Wikiera A, Mika M, Starzynska-Janiszewska A, Stodolak B. Development of complete hydrolysis of pectins from apple pomace. Food Chem 2015; 172: 675–680.

37. Siew CK, Williams PA. Role of protein and ferulic acid in the emulsification properties of sugar beet pectin. J Agric Food Chem 2008; 56(11): 4164–4171.

38. Kontogiorgos V, Margelou I, Georgiadis N, Ritzoulis C. Rheological characterization of okra pectins. Food Hydrocoll 2012; 29(2): 356–362.

39. Ahmmed R. Extraction, characterization and utilization of pectin from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) Waste. Mymensingh: University of Bangladesh, Department of Food Technology and Rural Industries; 2013.

40. McClements DJ. Food emulsions: principles, practices, and techniques. 2nd ed. CRC press 2004. p. 150-155.

41. Monsoor MA, Kalapathy U, Proctor A. Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. Food Chem 2001; 74(2): 233–238.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]

Extraction and Comparison of the Physicochemical Properties of Pectin Extracted from Pineapple, Samsuri and Galia Melon Peels Assisted by Microwave

*Hosseini SS[1], Khodaiyan F[*2], Barazande S[3]*

1- M.Sc. Student, Dept.of Food Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran.

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Dept.of Food Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran. Email: Khodaiyan@ut.ac.ir*

3- M.Sc. Student, Dept.of Horticultural Sciences and Landscape, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran.

Received 1 Jan, 2016 **Accepted 30 Apr, 2016**

Background and Objectives: Pectin is a complex mixture of polysaccharides that is widely used in the food industry as a gelling agent, stabilizer and emulsifier. The aim of this study was to compare the production yield and physicochemical properties of microwave-assisted extracted pectin from pineapple, samsuri and galia melons peels.

Materials and Methods: Pectins were extracted from pineapple, samsuri and galia melon peels assisted by microwave under the power of 700 W, time of 3 min, pH of 1.5 and liquid/solid ratio of 15:1 (v/w). Then the physicochemical properties of the extracted pectins such as galacturonic acid content, degree of esterification, emulsifying properties, solution behavior and FT-IR spectra were investigated.

Results: The results showed that pectins obtained from all the three products have a reseaonable yield (14-15%) and degree of purity (with galacturonic acid content above 65%). the study of degree of esterification showed that pectins obtained from pineapple and samsuri melons were LMP, and the galia melon peel pectin was HMP. The pectins' emulsifying activity of all the three products was low. The viscosity results illustrated that the pectin solutions obtained from pineapple and samsuri melons have Newtonian flow behavior at all concentrations, but the solution of galia melon peel pectin showed different flow behavior at various concentrations.

Conclusions: The high yield, good degree of purity and acceptable physicochemical properties of obtained pectin show that this agricultural waste can be used as a promising source for pectin production.

Keywords: Pectin, Microwave, Pineapple melon, Samsuri melon, Galia

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-09]