



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ژله تولید شده از پکتین استخراج شده از تفاله انگور رسیده و

نارس در شرایط بهینه به روش سنتی و فراصوت

کیانوش وکیلان^۱، لیلا ناطقی^{۲*}، سبا بلقیسی^۳، لادن رشیدی^۳، محمدرضا وفایی^۴

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

۲-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۳-گروه پژوهشی مواد غذایی حلال و فرآورده های کشاورزی، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده های کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران.

۴-گروه بیوسستم، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۱۹

کلمات کلیدی:

پکتین،

تفاله انگور رسیده،

تفاله انگور نارس،

ژله.

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.307.

* مسئول مکاتبات:

leylanateghi@yahoo.com,
nateghi@iau.ac.ir;
ladan_rsh@yahoo.com;
Mohammadreza.vafae@iau.ac.ir

همراه با افزایش تولید و فرآوری میوه و سبزیجات، فرآورده های جانبی زیادی که دارای مواد باارزشی مانند پکتین می باشند، بوجود می آید. امروزه پکتین به عنوان یک ماده ژل کننده، قوام دهنده، بافت دهنده و امولسیون کننده در بسیاری از مواد غذایی کاربرد دارد. از این رو استخراج پکتین از محصولات جانبی فرآوری انگور، می تواند هم از جنبه اقتصادی و هم زیست محیطی سودمند باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی استفاده از پکتین های استخراج شده از تفاله انگور (رسیده و نارس) به روش سنتی و فراصوت در تولید ژله و مقایسه خواص آن با پکتین تجاری (مورد استفاده در نمونه شاهد) بود. پکتین های استخراج شده از تفاله انگور نارس و رسیده با نسبتهای ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد به فرمولاسیون ژله اضافه شد و ویژگیهای شیمیایی، بافتی و حسی ژله بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش میزان پکتین از ۰/۷۵ به ۱/۵ باعث کاهش معنی دار در میزان رطوبت و سینرسیس و افزایش معنی دار در میزان بریکس و مقادیر سختی، چسبندگی، فنریت، به هم پیوستگی و قابلیت جویدن گردید. از نظر ویژگی های حسی، همه نمونه های ژله تهیه شده از پکتین استخراج شده به روش سنتی و فراصوت و پکتین تجاری، دارای پذیرش بالایی بودند و پانلیست ها هیچ اختلاف معنی داری بین آنها در ارزیابی طعم، رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی مشاهده نکردند. براساس نتایج بدست آمده، مشخص گردید که استفاده از پکتین بدست آمده از تفاله انگور به روش امواج فراصوت با درجه استریفیکاسیون پایین و میزان گالاتورونیک اسید بالا، گزینه مناسبی می تواند برای استفاده در محصولات با میزان شکر کم از جمله ژله ها (با حضور کلسیم) باشد.

۱-مقدمه

پکتین یک پلی ساکارید است که به طور طبیعی در اکثر گیاهان وجود دارد، اگرچه به طور تجاری عمدتاً از پوست مرکبات و تفاله سیب و سبزیجات استخراج می‌گردد (۱). این ترکیب به‌عنوان یک عامل ژل‌کننده در صنایع غذایی، به‌ویژه در تولید ژله و مربا، کاربرد گسترده‌ای دارد. پکتین یک پلیمر مشتق از قندهای اسیدی است که از ساختارهای ژلاتینی میوه‌ها و سبزیجات به دست می‌آید. بالاترین میزان پکتین در میوه‌های نارس یافت می‌شود، درحالی‌که با رسیدن میوه، کمیت و کیفیت پکتین استخراج‌شده کاهش می‌یابد (۲). اسیدهای موجود در پلیمر ممکن است متیله یا اسیدهای آزاد مانند پروتوپکتین، اسید ژلاتینی، اسید پکتینیک و پکتین حضور داشته باشند. این ترکیب با آزادسازی طعم مطلوب، خواص پردازشی مناسب و پایداری در pH پایین، از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه پکتین علاوه بر نقش ژل‌کننده، به‌عنوان یک عامل غلیظ‌کننده و تثبیت‌کننده نیز در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳). پکتین در طیف وسیعی از محصولات غذایی از جمله محصولات میوه‌ای و نانوائی، فرآورده‌های لبنی، نوشیدنی‌های تخمیری شیر، محصولات قنادی و همچنین در صنایع داروسازی کاربرد دارد. از آنجایی که این ترکیب در اکثر میوه‌ها و سبزیجات وجود دارد، مطالعات گسترده‌ای در زمینه استخراج آن از ضایعات میوه انجام شده است (۱). نقش پکتین در تولید مربا و ژله بسیار مهم است. در مرباها، پکتین باید بلافاصله پس از پر کردن، به‌منظور توزیع یکنواخت قطعات میوه، ژل تشکیل دهد، درحالی‌که در ژله‌ها، تشکیل ژل می‌تواند کمی با تأخیر همراه باشد تا به خروج حباب‌های هوا فرصت دهد (۴). روش متداول استخراج پکتین شامل استفاده از محلول اسیدهای معدنی مانند سولفوریک، فسفریک، نیتریک، هیدروکلریک یا سیتریک اسید در دمای ۶۰ تا ۱۰۰ درجه سلسیوس، pH بین ۱/۵ تا ۳ و زمان ۱/۵ تا ۶ ساعت است. این فرآیند علاوه بر زمان‌بر بودن، از نظر کمیت و کیفیت پکتین استخراج‌شده نیز با محدودیت‌هایی مواجه است (۵). حرارت‌دهی طولانی‌مدت در این روش باعث تخریب حرارتی پکتین شده و می‌تواند ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن را تغییر دهد. ازاین‌رو، روش‌های سنتی استخراج

پکتین ممکن است از نظر بازدهی و کیفیت چندان مطلوب نباشند (۶).

با توجه به کاربرد گسترده پکتین در صنایع غذایی و اهمیت استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی، مطالعات متعددی بر روی استخراج پکتین از منابع جایگزین انجام شده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به استخراج پکتین از دانه انار (۷)، تفاله پوست گوجه‌فرنگی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله اولتراسوند (UAE)، مایکروویو، گرمایش اهمی (OHAE)، ترکیب امواج مایکروویو و اولتراسوند و گرمایش اهمی همراه با اولتراسوند (۸)، استخراج پکتین از پوست انار ساوه (۳) و استخراج پکتین از پوست انجیر با روش حرارتی مایکروویو (۹) اشاره کرد. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که امواج فراصوت می‌توانند با تخریب ساختار سلولی بافت‌های گیاهی، استخراج محتویات داخل سلولی را تسریع کنند (۱۰). تحقیقات متعدد حاکی از آن است که استفاده از امواج فراصوت می‌تواند راندمان استخراج را افزایش داده و زمان فرآیند را کاهش دهد (۱۱-۱۳).

در یک مطالعه، وکیلان و همکاران (۲۰۲۴ و ۲۰۲۳) دو روش استخراج سنتی و فراصوت را برای استخراج پکتین از تفاله انگور نارس و رسیده مقایسه کردند. نتایج نشان داد که استفاده از امواج فراصوت به‌طور معنی‌داری باعث افزایش راندمان استخراج، کاهش درجه استریفیکاسیون و افزایش محتوای اسید گالاکتورونیک شد. در روش سنتی، شرایط بهینه برای استخراج از تفاله نارس شامل pH برابر با ۲/۲۹۵، دمای ۸۰/۲۸ درجه سلسیوس و زمان ۱۲۰ دقیقه و برای تفاله رسیده شامل pH برابر با ۱/۶۲، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۲۰ دقیقه بود. در مقابل، در روش فراصوت، شرایط بهینه برای تفاله نارس شامل pH برابر با ۱/۵۶، دمای ۵۹/۵۸ درجه سلسیوس و زمان ۳۰ دقیقه و برای تفاله رسیده شامل pH برابر با ۳، دمای ۵۸/۷۹ درجه سلسیوس و زمان ۳۰ دقیقه تعیین شد. استفاده از امواج فراصوت منجر به کاهش دما و زمان استخراج و در عین حال افزایش بازده فرآیند گردید. همچنین، امولسیون‌های حاوی پکتین استخراج‌شده

با روش فراصوت، پایداری بیشتری نسبت به امولسیون‌های حاوی پکتین استخراج‌شده با روش سنتی نشان دادند (۱۴ و ۱۵).

لذا در این تحقیق، با استفاده مناسب از تفاله‌های انگور، علاوه بر حل مشکل دفع ضایعات این فرآورده که منجر به آلودگی محیط زیست می‌شوند، با به کارگیری این ضایعات، صرفه جویی در هزینه‌ها و توجیه اقتصادی، ترکیب پرکاربرد پکتین، استخراج گردیده و در نهایت، تاثیر پکتین‌های استخراج‌شده به روش سنتی و فراصوت، در مقایسه با پکتین تجاری، در تهیه ژله استفاده شده و ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی مورد بررسی و آزمون قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

انگور رسیده و نارس واریته فخری از بازار محلی تاکستان-ایران، شکر (شرکت گلستان-ایران)، اسانس انگور و رنگ آلبالویی مجاز خوراکی (شرکت اسانس ایران-ایران) و پکتین تجاری سیب و مرکبات نارس (شرکت جهان شیمی-ایران) تهیه گردید. همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده برای آزمون‌ها از قبیل اتانول، کلرور کلسیم، اسید سیتریک، فنل فتالین، هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

۲-۲- شرایط استخراج پکتین و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن

پکتین استفاده شده در تحقیق حاضر، پکتین استخراج‌شده از تفاله انگور نارس و رسیده به روش سنتی و فراصوت بود که توسط Vakilian و همکاران، مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق Vakilian و همکاران در سال ۲۰۲۳، پکتین بدست آمده در شرایط بهینه (pH=۲/۹۵، ۱۲۰ دقیقه و ۸۰/۲۷ درجه سانتیگراد) استخراج پکتین از تفاله انگور نارس به روش سنتی راندمان استخراج ۱۸/۴۸ درصد، میزان گالاکتورونیک

اسید ۵۳/۷۶ درصد و درجه استریفیکاسیون ۴۳/۴۹ درصد بود در حالیکه در شرایط بهینه روش فراصوت (pH=۳، ۳۰ دقیقه و ۵۸/۸۴ درجه سانتیگراد)، راندمان استخراج ۲۸/۴۳ درصد، میزان گالاکتورونیک اسید ۶۳/۹۴ درصد و درجه استریفیکاسیون ۳۱/۰۲ درصد بود (۱۴). همچنین بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق وکیلان و همکاران در سال ۲۰۲۴، پکتین بدست آمده در شرایط بهینه استخراج پکتین از تفاله انگور رسیده به روش سنتی (pH=۲/۹۹، ۱۲۰ دقیقه و ۶۶/۴۲ درجه سانتیگراد)، راندمان استخراج ۱۶/۴۵ درصد، میزان گالاکتورونیک اسید ۵۲/۰۵ درصد و درجه استریفیکاسیون ۴۲/۹۷ درصد بود در حالیکه در روش فراصوت (pH=۲/۹۹، ۳۰ دقیقه و ۵۸/۸۲ درجه سانتیگراد)، راندمان استخراج ۲۴/۲۵ درصد، میزان گالاکتورونیک اسید ۶۱/۳۹ درصد و درجه استریفیکاسیون ۲۷/۷۸ درصد بود (۱۵).

۲-۳- روش تولید ژله

برای تهیه ژله (جدول ۱)، ابتدا مقادیر ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد پکتین استخراج‌شده با شرایط بهینه از تفاله انگور (رسیده و نارس) واریته فخری با ۳۰٪ وزنی شکر، ۰/۱۴٪ رنگ مجاز خوراکی، ۰/۷۵٪ اسانس انگور، باهم مخلوط شدند، سپس ۱۰۰ سی سی آب جوش به این مخلوط، اضافه گردید. پس از حل شدن کامل شکر، ۳۰ میلی گرم کلرور کلسیم، اضافه شد. pH نمونه‌ها به وسیله محلول اسید سیتریک روی ۲/۵ تنظیم گردید. در ادامه، حرارت دادن نمونه‌ها ادامه داشته تا بریکس تیمارهای مورد آزمون، روی ۴۲ تنظیم شد. در نهایت، نمونه‌های آماده شده به مدت نیم ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند و سپس تیمارها برای ۲ الی ۳ ساعت، در یخچال (۴ درجه سانتی گراد) قرار گرفته تا فرایند بستن ژله‌ها کامل گردد (۱۶).

Table 1- Formulation of produced jellies

Treatment	Pectin (%)	Pectin type (extraction method)
T1	0.75	Pectin extracted from ripe grape pomace by the traditional method
T2	0.75	Pectin extracted from unripe grape pomace by the traditional method
T3	0.75	Pectin extracted from ripe grape pomace by ultrasound
T4	0.75	Pectin extracted from unripe grape pomace by ultrasound
T5	1.5	Pectin extracted from ripe grape pomace by the traditional method
T6	1.5	Pectin extracted from unripe grape pomace by the traditional method
T7	1.5	Pectin extracted from ripe grape pomace by ultrasound
T8	1.5	Pectin extracted from unripe grape pomace by ultrasound
T9 (control 1)	0.75	Commercial pectin
T10 (control 2)	1.5	Commercial pectin

۲-۴-آزمون‌های انجام شده

جهت آنالیز پروفایل بافت (TPA) و اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی

۲-۴-۱-آزمون‌های شیمیایی ژله

نمونه‌های تولیدی، از دستگاه آنالیزکننده بافت مدل QTS25

CNS Farnell ساخت کشور انگلستان استفاده شد. نمونه‌ها در

قطعات ۱۵×۱۵×۱۵ میلی‌متری برش داده شده و در دمای محیط

قرار گرفتند. میزان بارگذاری دستگاه روی ۵ کیلوگرم (۵۰ نیوتون)

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 و سپس

فشارزدایی شد (۱۹).

۲-۴-۲-اندازه‌گیری آب اندازه‌گیری (سینریز)

۲-۴-۳-ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی ژله تولیدشده با پکتین استخراج‌شده از پوست

سیب‌زمینی و پکتین تجاری مطابق با روش حسینی‌نژاد و همکاران،

مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون با استفاده از ۱۰ نفر ارزیاب

آموزش‌دیده و بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد.

ویژگی‌های حسی شامل طعم، رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی

ارزیابی گردید. ارزیابان میزان رضایت خود را بر اساس مقیاس

زیر ثبت کردند: ۱= بسیار بد، ۲= بد، ۳= متوسط، ۴= خوب، ۵=

بسیار خوب (۱۶).

میزان رطوبت توسط آون خلأ به روش حرارت دهی و سرد کردن در دسیکاتور، میزان اسیدیته به روش تیتراسیون در حضور فنل فتالئین و سود ۰/۱ نرمال و مواد جامد محلول (بریکس) با استفاده از رفراکتومتر رومیزی در دمای محیط مطابق با استاندارد ملی به شماره ۲۶۸۲ استفاده شد (۱۷).

سینریز نمونه‌های ژله به‌عنوان یکی از فاکتورهای مهم فیزیکی در تولید ژله، ۲ ساعت پس از بستن ژله با استفاده از سانتریفیوژ دور ۵۰۰۰ g در دمای محیط اندازه‌گیری می‌شود. مقدار مایع جداشده از بافت ژله در ظروف مدرج اندازه‌گیری و درصد سینریز بر مبنای رابطه ۱ محاسبه گردید (۱۸).

رابطه ۱: $WL/WT \times 100 = \text{سینریز}(\%)$

که WL: وزن کل مایع جداشده و WT: وزن کل ژله می‌باشد.

۲-۴-۳-آزمون ارزیابی بافت TPA (Texture profile analysis)

۲-۴-۵-روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل پایداری امولسیون و مقایسه آزمون‌های ژله، با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (دانکن) در سطح احتمال ۵ درصد و با نرم‌افزار Minitab 16 انجام شد.

۳- نتایج

۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی ژله

ویژگی‌های شیمیایی ژله‌های حاوی پکتین استخراج‌شده از تفاله انگور نارس و رسیده، که با روش‌های سنتی و فراصوت تهیه

شده‌اند، به همراه ژله‌های حاوی پکتین تجاری، در جدول ۲ ارائه شده است. محتوای رطوبت نمونه‌ها بین ۷۵/۰۲٪ (نمونه T10) و ۷۶/۹۳٪ (نمونه T4) متغیر بود. مقدار اسیدیته در محدوده ۰/۳۰۳٪ (نمونه‌های T3 و T4) تا ۰/۳۲۰٪ (نمونه T5) قرار داشت. بریکس ژله‌ها در بازه ۱۷/۴۷ (نمونه T4) تا ۱۸/۴۴ (نمونه حاوی پکتین تجاری) متغیر بود. همچنین، سینرزیس در محدوده ۲۸/۱۵٪ (نمونه T8) تا ۴۷/۴۶٪ (نمونه T2) مشاهده شد.

Table 2- Moisture content, acidity, Brix and syneresis values for samples of pectin-containing jelly obtained from unripe and ripe grape pomace by traditional and ultrasonic methods and commercial pectin-containing jellies

Treatment	Moisture (%w/w)	Acidity (%)	Brix (degrees)	Syneresis (%w/w)
T1	76.28 ± 0.17 bc	0.306 ± 0.002 b	17.77 ± 0.09 ef	46.04 ± 0.62 a
T2	76.12 ± 0.13 bcd	0.311 ± 0.003 b	17.86 ± 0.08 def	47.46 ± 0.45 a
T3	76.88 ± 0.24 a	0.303 ± 0.001 c	17.52 ± 0.14 g	42.92 ± 0.88 b
T4	76.93 ± 0.23 a	0.303 ± 0.001 c	17.47 ± 0.14 g	44.23 ± 0.82 b
T5	75.29 ± 0.04 fg	0.320 ± 0.004 a	18.25 ± 0.02 ab	32.47 ± 0.74 c
T6	75.75 ± 0.33 de	0.310 ± 0.002 b	18.05 ± 0.17 bcd	31.31 ± 0.99 c
T7	75.59 ± 0.46 ef	0.312 ± 0.003 b	18.12 ± 0.22 bc	29.18 ± 0.93 d
T8	75.90 ± 0.21 cde	0.309 ± 0.001 b	17.99 ± 0.10 cde	28.15 ± 1.08 d
T9 (control 1)	76.52 ± 0.20 ab	0.304 ± 0.003 c	17.69 ± 0.11 fg	43.78 ± 1.07 b
T10 (control 2)	75.02 ± 0.17 g	0.319 ± 0.005 a	18.44 ± 0.09 a	31.12 ± 0.72 c

- Different lowercase letters in each column indicate significant differences ($p < 0.05$).

نتایج نشان می‌دهد که ژله‌های حاوی پکتین تجاری دارای رطوبت کمتری نسبت به ژله‌های حاوی پکتین استخراج‌شده در این مطالعه هستند. این تفاوت ممکن است به وزن مولکولی و درجه استریفیکاسیون بالاتر پکتین‌های تجاری نسبت داده شود که منجر به تعامل بیشتر مولکول‌های آب با پکتین از طریق پیوندهای هیدروژنی می‌شود. به‌طور کلی، استفاده از بیوپلیمرها در فرمولاسیون مواد غذایی ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد. همچنین، افزایش غلظت پکتین از ۰/۷۵ به ۱/۵٪ منجر به کاهش جزئی در محتوای رطوبت ژله‌ها شد که ممکن است به دلیل تعامل بیشتر پکتین با آب و کاهش آب آزاد باشد.

مقادیر اسیدیته تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها نشان نداد. افزایش جزئی اسیدیته در نمونه‌هایی با غلظت ۱/۵٪ پکتین ممکن است به آزاد شدن اسید گالاکتورونیک در طول نگهداری نسبت داده شود.

مقادیر بریکس در ژله‌های حاوی ۱/۵٪ پکتین بالاتر از ژله‌های حاوی ۰/۷۵٪ پکتین بود. غلظت بالاتر پکتین می‌تواند منجر به افزایش غلظت ژله و در نتیجه افزایش محتوای ماده خشک شود که به نوبه خود باعث افزایش بریکس می‌شود.

سینرزیس در ژله‌های حاوی ۰/۷۵٪ پکتین بیشتر از ژله‌های حاوی ۱/۵٪ پکتین بود. غلظت بالاتر پکتین منجر به تشکیل شبکه‌های ژلی قوی‌تر و کاهش آزادسازی آب می‌شود. به‌ویژه، ژله حاوی

بیشترین مقدار (۷/۵۴ نیوتن) مربوط به نمونه T8 بود. نمونه T2 دارای ۰/۷۵٪ پکتین استخراج شده از منبع نارس به روش سنتی بوده، در حالی که نمونه T8 حاوی ۱/۵٪ پکتین استخراج شده از منبع نارس به روش فراصوت است. افزایش غلظت پکتین منجر به افزایش سختی ژله ها شد. همچنین، نمونه های حاوی پکتین استخراج شده به روش فراصوت سختی بیشتری نسبت به نمونه های دارای پکتین استخراج شده به روش سنتی نشان دادند. علاوه بر این، سختی نمونه های ژله حاوی پکتین استخراج شده از منبع نارس به طور کلی بیشتر از نمونه های دارای پکتین به دست آمده از منبع رسیده بود. این نتایج با یافته های سایر محققین (۲۲ و ۲۳) در خصوص تأثیر نوع و منبع پکتین بر سختی ژله ها مطابقت دارد.

چسبندگی ۲ که میزان کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای چسبندگی بین سطح غذا و حفره دهانی را نشان می دهد (۲۴)، در نمونه های T8 و T7 به طور قابل توجهی بیشتر بود. مطالعات گذشته نشان داده اند که افزایش سختی ژله معمولاً با افزایش چسبندگی آن همراه است (۲۵)، که این همبستگی در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. افزایش غلظت پکتین به طور معنی داری چسبندگی را افزایش داد. نمونه های دارای ۱/۵٪ پکتین استخراج شده به روش فراصوت، بیشترین مقدار چسبندگی را نشان دادند، اما این تفاوت در مقایسه با نمونه های دارای ۱/۵٪ پکتین استخراج شده به روش سنتی معنی دار نبود ($p > 0.05$).

فنری بودن (خاصیت ارتجاعی ۳) که نشان دهنده برگشت پذیری نمونه های ژله پس از تغییر شکل فشاری است، در بازه ۱۴/۹۰ میلی متر برای نمونه T1 (حاوی پکتین استخراج شده از تفاله انگور رسیده به روش سنتی) تا ۲۴/۹۶ میلی متر در T10 (حاوی ۱/۵٪ پکتین تجاری) قرار داشت. افزایش غلظت پکتین از ۰/۷۵ به ۱/۵٪ باعث افزایش فنریت ژله ها شد. پکتین استخراج شده به روش فراصوت در مقایسه با روش سنتی فنریت بالاتری ایجاد کرد. همچنین، نمونه های حاوی پکتین استخراج شده از منبع نارس

پکتین استخراج شده از انگور نارس با روش فراصوت (T8) و غلظت ۱/۵٪ پکتین، کمترین میزان سینریزس را نشان داد. این ممکن است به محتوای بالاتر اسید گالاکتورونیک و تعامل بیشتر پکتین با آب نسبت داده شود که منجر به کاهش سینریزس می شود.

این نتایج نشان می دهد که تفاوت هایی در خواص فیزیکوشیمیایی ژله های تولید شده با پکتین های مختلف وجود دارد که می تواند ناشی از تفاوت در ساختار مولکولی پکتین، درجه استریفیکاسیون و روش استخراج آن باشد (۲۰). پژوهش های اخیر نیز نشان داده اند که افزایش غلظت پلی ساکاریدهایی مانند پکتین می تواند باعث بهبود خواص بافتی ژله و کاهش میزان آب اندازی (سینریزس) شود (۴ و ۲۱).

نتایج این مطالعه با یافته های سایر پژوهش ها همخوانی دارد. به عنوان مثال، Zormand و همکاران (۲۱)، تأثیر جایگزینی ساکارز با مالتیتول و مانیتول را در فرمولاسیون ژله بررسی کردند و گزارش دادند که این جایگزینی تأثیر قابل توجهی بر pH، اسیدیته، بریکس و رطوبت نداشت، اما تفاوت معنی داری در سینریزس مشاهده شد؛ به طوری که ژله های با ساکارز کاهش یافته سینریزس بالاتری نشان دادند که مشابه نتایج این تحقیق است. همچنین، کاشانی و همکاران (۴) گزارش دادند که اختلاف معنی داری بین خواص فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبت، اسیدیته و بریکس) ژله های تهیه شده با پکتین پوست سیب زمینی و ژله های تجاری مرکبات و سیب مشاهده نشد، در حالی که میزان سینریزس اختلاف معنی داری نشان داد.

۳-۲- بررسی ویژگی های بافتی ژله

خصوصیات بافتی ژله های تولید شده شامل سختی، چسبندگی، فنریت، به هم پیوستگی و قابلیت جویدن در جدول ۳ ارائه شده است. سختی ۱، که به عنوان نیروی اوج در طول فشردن اولیه تعریف می شود و بازتابی از نیروی لازم برای فشردن سازی غذا بین دندان های آسیاب است، در محدوده ۴/۶۸ تا ۷/۵۴ نیوتن متغیر بود. کمترین مقدار سختی (۴/۶۸ نیوتن) مربوط به نمونه T2 و

نسبت به منبع رسیده خاصیت ارتجاعی بیشتری داشتند. این یافته‌ها با نتایج Kavitha و همکاران (۲۶) در بررسی ژله‌های حاوی آب انار و همچنین نتایج Leelawat و همکاران (۲۷) در ژله‌های گیاهی مطابقت دارد.

در ارتباط با خصوصیت به هم پیوستگی (انسجام) ۴، افزایش غلظت پکتین منجر به افزایش این ویژگی شد. نمونه‌های حاوی پکتین استخراج‌شده به روش فراصوت مقادیر بیشتری از به هم پیوستگی را نسبت به نمونه‌های حاوی پکتین استخراج‌شده به روش سنتی نشان دادند. بالاترین میزان به هم پیوستگی در نمونه‌های T7، T8 و T10 مشاهده شد. نمونه‌های ژله دارای ۰/۷۵٪ پکتین تجاری، به هم پیوستگی مشابهی با نمونه‌های حاوی ۰/۷۵٪ پکتین استخراج‌شده به روش‌های سنتی و فراصوت از منبع نارس داشتند، در حالی که استفاده از ۱٪/۵ پکتین تجاری، به طور معنی‌داری به هم پیوستگی را افزایش داد ($p < 0.05$). انسجام که شاخص یکپارچگی ساختاری ژل است، به طور معکوس بازتاب‌دهنده میزان شکنندگی در طی عملیات مکانیکی محسوب می‌شود. مقادیر انسجام بین ۰/۱۵۳ تا ۰/۲۹۳ نیوتن متغیر بود که بیشترین مقدار آن در نمونه‌های حاوی پکتین استخراج‌شده از تفاله انگور نارس به روش فراصوت مشاهده شد. این افزایش احتمالاً به ویسکوزیته بالاتر این نمونه‌ها مرتبط است، که موجب کاهش شکستگی در حین فشردن می‌شود (۲۸). محققین دیگری بیان کردند که انسجام پایین، فرآیند جویدن و بلع را تسهیل می‌کند، که این امر در ژله‌های حاوی مقادیر بالاتر اسپیرولینا مشاهده شد (۲۹). خصوصیت قابلیت جویدن ۵، به طور مستقیم تحت تأثیر افزایش غلظت پکتین قرار گرفت و تفاوت‌های معنی‌داری در این ویژگی

مشاهده شد ($p < 0.05$). نمونه‌های حاوی پکتین استخراج‌شده به روش فراصوت، قابلیت جویدن بالاتری داشتند و بالاترین مقدار (۵۰/۵۱ میلی‌ژول) برای نمونه T8 ثبت شد. نمونه‌های حاوی پکتین استخراج‌شده از منبع نارس نیز عمدتاً انرژی لازم برای جویدن بالاتری نشان دادند. در ژله‌های دارای پکتین تجاری، افزایش غلظت پکتین تا ۱/۵٪ منجر به افزایش قابل توجه قابلیت جویدن شد. قابلیت جویدن، که معیاری برای توصیف ویژگی‌های بافتی غذاهای جامد است (۳۰)، نشان‌دهنده انرژی لازم برای جویدن غذا تا حد مناسب برای بلع است (۳۱). مقادیر اندازه‌گیری‌شده در این مطالعه (۱۱/۴۸ تا ۴۹/۰۳ میلی‌ژول) نشان‌دهنده روند مشابهی با فنریت و چسبندگی است.

به طور کلی، بررسی نتایج پارامترهای بافتی ژله‌ها پس از گذشت سه ساعت از آماده‌سازی (زمان لازم برای سفت شدن کامل ژله) نشان داد که نمونه‌های دارای ۱/۵٪ پکتین از نظر سختی، به هم پیوستگی و قابلیت جویدن، ویژگی‌های مطلوب‌تری نسبت به نمونه‌های دارای ۰/۷۵٪ پکتین داشتند. نمونه‌های T7 و T8، که حاوی پکتین استخراج‌شده از تفاله انگور نارس به روش فراصوت بودند، سختی، به هم پیوستگی و انرژی لازم برای جویدن بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. این امر احتمالاً به مقادیر بالاتر گالاکتورونیک اسید در این نمونه‌ها و افزایش وزن مولکولی پکتین مرتبط است. یافته‌های اخیر Kafili در سال ۲۰۲۴ (۲۹) در مورد ژله کیوی و گان غنی‌شده با عصاره اسپیرولینا نشان داد که ترکیب اسپیرولینا تأثیر معنی‌داری بر سختی، فنریت، انسجام، چسبندگی و قابلیت جویدن ژله دارد، که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد.

Table 3- Textural properties of jelly samples containing pectins obtained from unripe and ripe grape pomace by traditional and ultrasonic methods and comparison with commercial pectin

Treatment	Hardness (N)	Adhesion (N.m)	Springiness (mm)	Cohesiveness (N)	Chewiness (mJ)
T1	4.80 ± 0.19 ef	0.0043 ± 0.0002 d	14.90 ± 0.34 f	0.160 ± 0.011 d	11.48 ± 1.18 c
T2	4.68 ± 0.19 f	0.0045 ± 0.0004 cd	17.16 ± 0.96 e	0.153 ± 0.007 d	12.35 ± 1.63 c
T3	5.24 ± 0.15 d	0.0047 ± 0.0004 abcd	18.16 ± 0.97 de	0.169 ± 0.001 d	16.13 ± 1.38 c
T4	5.11 ± 0.19 de	0.0046 ± 0.0005 bcd	18.76 ± 0.58 d	0.166 ± 0.018 d	15.95 ± 2.29 c
T5	6.86 ± 0.09 c	0.0051 ± 0.0002 abc	20.86 ± 0.35 c	0.250 ± 0.001 c	35.81 ± 0.89 b
T6	7.09 ± 0.26 bc	0.0053 ± 0.0004 ab	24.73 ± 0.32 a	0.269 ± 0.011 b	47.28 ± 4.06 a
T7	7.31 ± 0.15 ab	0.0054 ± 0.0003 a	22.2 ± 0.88 b	0.283 ± 0.005 ab	46.02 ± 3.28 a
T8	7.54 ± 0.17 a	0.0054 ± 0.0001 a	22.76 ± 0.40 b	0.293 ± 0.011 a	50.51 ± 3.73 a
T9 (control 1)	5.18 ± 0.28 d	0.0044 ± 0.0004 cd	18.83 ± 0.15 d	0.166 ± 0.012 d	16.30 ± 2.06 c
T10 (control 2)	7.13 ± 0.21 bc	0.0053 ± 0.0005 ab	24.96 ± 0.37 a	0.275 ± 0.016 ab	49.03 ± 3.75 a

- Different lowercase letters in each column indicate significant differences ($p < 0.05$).

از نظر حسی برای پانلیست‌ها مطلوب بوده‌اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از نمونه‌ها در ارزیابی حسی از نظر این ویژگی‌ها پایین‌تر از دیگری قرار نگرفته‌اند و تمامی آنها توانستند نیازهای پانلیست‌ها را برآورده کنند. با این حال، در خصوص ویژگی بافت، بیشترین امتیاز مربوط به نمونه T9 بود و به دنبال آن، نمونه‌های T3 و T4 رتبه‌های بالاتری را کسب کردند.

۳-۳- بررسی ویژگی‌های حسی ژله

خصوصیات حسی ژله‌های تولید شده دارای پکتین استخراج شده از انگور نارس و رسیده به روش‌های سنتی و فراصوت، شامل طعم، رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی (امتیاز کل)، در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که از نظر طعم، رنگ، بو و پذیرش کلی، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های مختلف مشاهده نگردید ($p > 0.05$). این امر حاکی از آن است که تمامی نمونه‌ها

Table 4 - Score values for sensory properties of jelly samples produced containing pectin obtained from unripe and ripe grape samples and comparison with commercial pectins

Treatment	Taste	Color	Smell	Texture	Overall Acceptance
T1	4.8 ± 0.42 a	5.0 ± 0.00 a	4.7 ± 0.48 a	4.5 ± 0.52 bcd	4.5 ± 0.52 a
T2	4.7 ± 0.48 a	4.9 ± 0.31 a	4.9 ± 0.31 a	4.6 ± 0.51 bc	4.4 ± 0.51 a
T3	4.8 ± 0.42 a	4.9 ± 0.31 a	5.0 ± 0.00 a	4.8 ± 0.42 ab	4.5 ± 0.52 a
T4	4.7 ± 0.48 a	5.0 ± 0.00 a	4.8 ± 0.42 a	4.8 ± 0.42 ab	4.7 ± 0.48 a

T5	4.7 ± 0.48 a	5.0 ± 0.00 a	5.0 ± 0.00 a	4.3 ± 0.48 cde	4.5 ± 0.52 a
T6	4.8 ± 0.42 a	4.8 ± 0.42 a	4.9 ± 0.31 a	4.3 ± 0.48 cde	4.4 ± 0.51 a
T7	4.8 ± 0.42 a	4.9 ± 0.31 a	4.8 ± 0.42 a	4.2 ± 0.42 cde	4.3 ± 0.48 a
T8	4.7 ± 0.48 a	5.0 ± 0.00 a	4.9 ± 0.31 a	4.0 ± 0.00 e	4.3 ± 0.48 a
T9 (control 1)	4.9 ± 0.31 a	4.8 ± 0.42 a	4.9 ± 0.31 a	5.0 ± 0.00 a	4.7 ± 0.48 a
T10 (control 2)	4.7 ± 0.48 a	4.9 ± 0.31 a	4.7 ± 0.48 a	4.1 ± 0.31 de	4.2 ± 0.42 a

- Different lowercase letters in each column indicate significant differences ($p < 0.05$).

ژله ندارد و این نوع تغییرات می‌تواند برای بهینه‌سازی فرمولاسیون‌های ژله با کیفیت بالا و مطلوب، بدون تغییرات منفی در ویژگی‌های حسی، مورد استفاده قرار گیرند. همچنین، این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای استفاده از روش‌های نوین استخراج پکتین (مانند استفاده از روش فراصوت) در تولید ژله‌های با کیفیت حسی مناسب و قابل قبول در صنعت غذایی است.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پکتین در غلظت ۱/۵ درصد به طور جزئی میزان رطوبت ژله‌ها را نسبت به غلظت ۰/۷۵ درصد کاهش می‌دهد. این کاهش رطوبت ممکن است به دلیل افزایش غلظت پکتین و کاهش تبادل آب در ماتریس ژله باشد. همچنین، غلظت ۱/۵ درصد پکتین باعث کاهش چشمگیر سینریزس، به ویژه در ژله‌های تهیه‌شده با پکتین استخراج‌شده از منبع نارس به روش فراصوت (T8)، شد که کمترین میزان سینریزس را نشان داد. این موضوع نشان‌دهنده بهبود ساختار ژله و کاهش خروج آب از آن است. افزایش غلظت پکتین از ۰/۷۵ درصد به ۱/۵ درصد همچنین منجر به افزایش بریکس ژله‌ها شد که نشان‌دهنده غلظت بالاتر مواد جامد در محلول ژله‌ای است. نمونه‌هایی که حاوی ۱/۵ درصد پکتین بودند، مقادیر بالاتری از سختی، چسبندگی، فنری، به هم پیوستگی و قابلیت جویدن را نسبت به نمونه‌های دیگر نشان دادند، به‌ویژه نمونه‌های T7 و T8 که بیشترین مقادیر را در این خصوصیت‌ها داشتند. این نتایج نشان می‌دهند که افزایش غلظت پکتین به‌ویژه از نوع استخراج‌شده به روش فراصوت، تأثیر قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های بافتی ژله‌ها دارد و می‌تواند برای تولید محصولاتی با کیفیت مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. از نظر ویژگی‌های حسی، همه نمونه‌های

این یافته‌ها مشابه با گزارش‌های پیشین در زمینه ارزیابی حسی ژله‌ها است. Zormand و همکاران (۲۱) گزارش دادند که ژله‌های حاوی ترکیبات شیرین‌کننده‌ای مانند ساکارز و مالتیتول یا مانیتول، تا ۵۰٪ جایگزینی ساکارز با این مواد شیرین‌کننده، در ارزیابی حسی مورد تأیید پانل‌های حسی قرار گرفتند و به طور عملی در فرمولاسیون ژله‌های قند کاهش یافته پذیرفته شدند. این مطالعه نشان‌دهنده این است که استفاده از مواد جایگزین شیرین‌کننده در تولید ژله‌ها می‌تواند تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی نداشته باشد، که مشابه با نتایج این تحقیق در خصوص پکتین‌های استخراج‌شده از منابع انگور نارس و رسیده به روش‌های سنتی و فراصوت است. همچنین، Kafili در سال ۲۰۲۴ (۲۹) در مطالعه‌ای بر روی ژله‌های کیوی و گان غنی‌شده با عصاره اسپیرولینا، تأثیرات مثبت این ترکیب بر ویژگی‌های حسی ژله‌ها شامل طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی را گزارش کردند. نتایج این مطالعه نیز با نتایج تحقیق حاضر که نشان‌دهنده تأثیر مثبت پکتین‌های استخراج‌شده از تفاله انگور رسیده و نارس به روش‌های سنتی و فراصوت بر ارزیابی حسی ژله‌ها بود، هم‌راستا است. در زمینه استفاده از پکتین‌های دیگر منابع طبیعی، کاشانی و همکاران (۴) نیز بیان کردند که هیچ اختلاف معنی‌داری در خواص حسی ژله‌های تهیه‌شده با پکتین پوست سیب‌زمینی و ژله‌های تجاری حاوی پکتین مرکبات و سیب مشاهده نشد. این نتیجه نشان‌دهنده امکان استفاده از پکتین‌های غیرتجاری (مانند پکتین پوست سیب‌زمینی) در تولید ژله‌های با خواص حسی مشابه به ژله‌های تجاری است، به‌ویژه زمانی که شرایط تولید به‌طور بهینه تنظیم شوند.

در مجموع، این نتایج به‌وضوح نشان می‌دهند که تغییرات در منبع و روش استخراج پکتین تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های حسی

به‌ویژه برای استفاده در رژیم‌های غذایی با محدودیت قند طراحی شوند و به‌عنوان جایگزینی برای محصولات سستی با قند بالا مطرح شوند. این یافته‌ها همچنین پتانسیل پکتین‌های استخراج‌شده از منابع غیرمعارف (مانند تفاله انگور) را به‌عنوان یک ماده اولیه پایدار و مناسب در صنعت تولید مواد غذایی کم‌قند تأکید می‌کنند و می‌توانند راه‌گشای توسعه محصولات غذایی با خصوصیات بهینه برای مصرف‌کنندگان باشند.

تهیه‌شده از پکتین دارای پذیرش بالایی بودند و پانلیست‌ها هیچ اختلاف معنی‌داری بین آنها در ارزیابی طعم، رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی مشاهده نکردند. این نشان می‌دهد که استفاده از پکتین‌های استخراج‌شده از منابع نارس و رسیده، به‌ویژه پکتین‌های استخراج‌شده با روش‌های نوین مانند فراصوت، می‌تواند به‌طور مؤثر خواص حسی ژله‌ها را بدون تأثیر منفی حفظ کند. بنابراین، پکتین استخراج‌شده از تفاله انگور به روش فراصوت، با درجه استریفیکاسیون پایین و میزان گالاکتورونیک اسید بالا، گزینه‌ای مناسب برای استفاده در تولید ژله‌های کم‌شکر و دیگر محصولات مشابه مانند مربا، مارمالاد و پاستیل است. این محصولات می‌توانند

۵-منابع

- [1] Kashani, A., Hasani M., Nateghi L., Asadollahzadeh M.J., Kashani P., 2022. Optimization of the Conditions of Process of Production of Pectin Extracted from the Waste of Potato Peel. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, 17(2), 393-408.
- [2] Vanitha, T., Khan, K.H., 2019. Role of Pectin in Food Processing and Food Packaging, In book: Pectins Extraction, Purification, Characterization and Applications. DOI: 10.5772/intechopen.83677
- [3] Nateghi, L., Zarei, F., Zarei, M., 2022. Optimize the Extraction Conditions of Pectin Extracted from Saveh Pomegranate Peels. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, 41(11), 3835-3850.
- [4] Kashani, A., Hassani, M., Nateghi, L., Asadollahzadeh, M.J., Kashani, P., 2021. Optimization of jelly production conditions using pectin extracted from potato peel and investigation of its textural, physicochemical and sensory properties in comparison with commercial pectins. *Journal of Iranian Food Science and Technology Research*, 17(2), 393-408.
- [5] Xu, Y., Zhang, L., Bailina, Y., Ge, Z., Ding, T., Ye, X., et al., 2014. Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. *Journal of Food Engineering*, 126, 72-81.
- [6] Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y., Yao, J., 2010. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*, 101(9), 3268-3273.
- [7] Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C.M., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H., Ayadi, M.A., 2017. Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*, 215, 318-25. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.07.181.
- [8] Sengar, A.S., Rawson, A., Muthiah, M., Kalakandan, S.K., 2020. Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 61 (2020), 104812.
- [9] Tsai, Sh-H., Fan, Ch-H., Chung, Ch-P., Lu, Sh-T., Lee, M-Y., 2024. Extraction of pectin from jelly fig shell using microwave heating extraction: pectin physicochemical properties and antioxidant activities. *International Journal of Food Engineering*, 20(3), 201-215. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2023-0084>
- [10] Anese, M., Mirolo, G., Beraldo, P., Lippe, G., 2013. Effect of ultrasound treatments of tomato pulp on microstructure and lycopene in vitro bioaccessibility. *Food Chemistry*, 136, 458-63.
- [11] Maran, J. P., Priya, B., 2015. Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste. *Carbohydrate Polymers*, 115, 732-738. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2014.07.058>
- [12] Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., Liu, D., 2015. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food Chemistry*, 178, 106-114. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.01.080>
- [13] Grassino, A. N., Brncic, M., Vikic-Topić D., Roca, S., Dent, M., Brncic, S. R., 2016. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food chemistry*, 198, 93-100.
- [14] Vakilian, K., Nateghi, L., Javadi, A., Anarjan, N., 2023. Optimization of conventional and ultrasound-assisted extraction of pectin from unripe grape pomace: extraction yield, degree of esterification, and galacturonic acid content. *J Food Meas Charact*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/S11694-023-02085-2>
- [15] Vakilian, K., Nateghi, L., Javadi, A., Anarjan, N., 2024. Extraction and Characterization of Pectins from Ripe Grape Pomace Using Both Ultrasound Assisted and Conventional Techniques.

Food Analytical Methods.,
<https://doi.org/10.1007/s12161-024-02710-w>

- [16] Hosseinienejad, M., Mohtashami, M., Kamali, S., Elahi, M., 2015. Optimization of low-calorie fruit jelly powder formulation using sucralose and isomalt sweeteners. *Journal of Research and Innovation in Food Sciences and Industries*, 4(1), 74-65.
- [17] Iranian Institute of Standards and Industrial Research, 2009. Jelly products - characteristics and test methods. National Standard of Iran, No. 2682, second revision.
- [18] Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A.A., 2008. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7), 1291-1297.
- [19] Takahashi, T., Hayakawa, F., Kumagai, M., Akiyama, Y., Kohyama, K., 2009. Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures. *Journal of food engineering*, 95(3), 400-409.
- [20] Zhang, S., Vardhanabhuti, B., 2014. Acid-induced gelation properties of heated whey protein-pectin soluble complex (Part II): Effect of charge density of pectin. *Food Hydrocolloids*, 39, 95-103.
- [21] Zormand, M., Eshaghi, M.R., Nateghi, L., 2022. Physicochemical and qualitative properties of low-calorie jellies formulated with mannitol and maltitol. *Journal of Human, Health and Halal Metrics*, 3(1), 37-43
<https://doi.org/10.30502/jhhhm.2022.331715.1049>
- [22] Garrido, J.I., Lozano, J.E., Genovese, D.B., 2015. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 325-332.
- [23] AzadFallah, S., Kafili, T., 2021. Rheological, Textural, Sensorial and Color Properties of Apple Jellies Supplemented with *Spirulina* sp. *FSCT*, 18(114), 83-94.
- [24] Mousavi, S.M.R., Rafe, A., Yeganehzad, S., 2020. Structure-Rheology Relationships of Composite Gels: Alginate and Basil seed Gum/Guar Gum. *Carbohydrate Polymers*, 232, 115-809.
- [25] López-Ramírez, A.M., Duarte-Sierra, A., 2020. Avocado Jelly: Formulation and Optimization of an Avocado Gel using Hydrocolloids. *International Journal of Gastronomy and Food*, 21, 100-234.
- [26] Kavitha B., Sugasini D., Yalagala C.R., Kumar P., 2019. Development of Nutraceutical Rich Tender Coconut Water Mixed Fruit Juices Jelly and Its Physico-Chemical Characteristics. *J. Food Nutr. Disor.*, 8, 1-14
- [27] Leelawat, B., Permpoonchokkana, P., Jirapornsirikun, T., 2020. Development of Grass Jelly Processing using Modified Starches and Higher Efficient Extraction Method. *J. Agric. Technol.*, 16(2), 297-308.
- [28] Yusof, N., Jaswir, I., Jamal, P., Jami, M.S., 2019. Texture Profile Analysis (TPA) of the Jelly Dessert prepared from Halal Gelatin Extracted using High-Pressure Processing (HPP). *Malays. J. Fundam. Appl. Sci*, 15, 604-608.
- [29] Kafili, T., 2024. Characterization of Nutritional and Textural Properties of Vegan Kiwi Jelly Enriched by *Spirulina* Extract. *Iran. J. Chem. Chem. Eng. (IJCCE)*, 34(8), 3101-3112.
- [30] Peng, M., Gao, Z., Liao, Y., Guo, J., Shan, Y., 2022. Development of Functional Kiwifruit Jelly with Chenpi (FKJ) by 3D Food Printing Technology and Its Anti-Obesity and Antioxidant Potentials. *Foods*, 11, 18-94.
- [31] Nasyriq, A.M.N., Zakaria, N.H., Ibrahim, M., Abdul Majid, F.A., 2022. Physicochemical, Phytochemical, and Shelf-Life Studies of a Functional Jelly from (*Musa paradisiaca*) and Malaysian Stingless Bee Honey (*Trigona* sp.). *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(2), 698-710.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation of physicochemical and sensory properties of jelly produced from pectin extracted from ripe and unripe grape pomace under optimal conditions using traditional and ultrasonic methods

Kianoush Vakilian¹, Leila Nateghi^{2*}, Saba Belgheisi³, Ladan Rashidi^{3*}, Mohammadreza Vafae^{4*}

¹ Department of Food Science and Technology, Mam.C., Islamic Azad University, Mamaghan, Iran

² Department of Food Science and Technology, VaP.C., Islamic Azad University, Varamin, Iran

³ Department of Food, Halal, and Agricultural Products Research Group, Food Technology and Agricultural Products Research Center, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran.

⁴ Department of Biosystems Engineering, WT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/5/2

Accepted: 2025/6/9

Keywords:

pectin,

ripe grape pomace,

unripe grape pomace,

jelly

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.307.

*Corresponding Author E-

leylanateghi@yahoo.com,

nateghi@iau.ac.ir;

ladan_rsh@yahoo.com;

Mohammadreza.vafae@iau.ac.ir

ABSTRACT

With the increase in the production and processing of fruits and vegetables, many by-products containing valuable substances such as pectin are produced. Today, pectin is used as a gelling, thickening, texturing and emulsifying agent in many foods. Therefore, extracting pectin from grape processing by-products can be beneficial from both economic and environmental perspectives. The aim of the present study was to investigate the use of pectins extracted from grape pomace (ripe and unripe) by traditional and ultrasonic methods in jelly production and to compare its properties with commercial pectin (used in the control sample). Pectins extracted from unripe and ripe grape pomace were added to the jelly formulation at ratios of 0.75 and 1.5 percent, and the chemical, textural and sensory properties of the jelly were investigated. The results showed that increasing the pectin content from 0.75 to 1.5 resulted in a significant decrease in moisture content and syneresis and a significant increase in Brix content and hardness, adhesion, springiness, cohesiveness and chewiness. In terms of sensory properties, all jelly samples prepared from pectin extracted by traditional and ultrasonic methods and commercial pectin had high acceptance and the panelists did not observe any significant differences between them in the evaluation of taste, color, odor, texture and overall acceptance. Based on the results obtained, it was determined that the use of pectin obtained from grape pomace by ultrasonic waves with a low degree of esterification and a high level of galacturonic acid could be a suitable option for use in products with low sugar content, including jellies (with the presence of calcium).