

## بهینه سازی فرمولاسیون نوعی چاشنی مایع مغذی بر پایه عصاره لیموترش و ترکیبات فنلی تفاله آن حاوی هیدروکلوئیدهای ژلان، زانتان و پکتین

سارا عابدی زاده نیستانک<sup>۱</sup>، مریم میزانی<sup>۲</sup>، مزدک علیمی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول: استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: m.mizani@srbiau.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی واحد آیت الله املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** اهداف اصلی از این پژوهش تولید چاشنی مغذی و پایدار با کیفیت یکنواخت بر پایه عصاره لیموترش که در جهت ارتقای کیفیت آلبیمو صنعتی قابل استفاده باشد و همچنین بررسی اثرات مستقل و برهمکنش ترکیبات هیدروکلوئیدی بر ویژگی‌های محصول نهایی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** فرمولاسیون‌های جدید با افزودن دو نوع صمغ ژلان (۰/۱ - ۰ درصد) و زانتان (۰/۱ - ۰ درصد) همراه با پکتین (۰/۲ - ۰ درصد) و ترکیبات فنولیک (مقدار ثابت) استخراج شده از تفاله لیموترش به بخش امولسیون محصول نهایی تولید شد. هفده تیمار تلفیقی به روش آماری مرکب مرکزی چرخش پذیر، طراحی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (میزان فلاونوئیدها، فعالیت ضد اکسایشی، گرانروی ظاهری، ناپایداری فیزیکی و ویژگی‌های حسی (ثبات و پذیرش کلی) نمونه‌ها ارزیابی گردید.

**یافته‌ها:** اثرات مستقل هر سه نوع هیدروکلوئید بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصول و تأثیر پکتین با مضرب بزرگتری در مدل نهایی مشاهده شد. هر سه نوع صمغ تأثیر مستقل معنی‌داری بر کاهش میزان ناپایداری فیزیکی نشان دادند و اثر متقابلی مشاهده نگردید. در بررسی فاکتور ویسکوزیته مدل آماری 2FI پیشنهاد شد و بدین ترتیب اثرات مستقل مثبت هر سه افزودنی و اثر متقابل منفی بین پکتین و ژلان بر این فاکتور معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) بود. از سوی دیگر در نتایج ارزیابی حسی، با افزایش درصد ژلان، کاهش معنی‌داری در میزان ثبات و پذیرش کلی محصول مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری:** به دلیل برهمکنش منفی ژلان با پکتین و تأثیرات نامطلوب آن بر ویژگی‌های حسی محصول نهایی، تیمار فاقد ژلان، حاوی زانتان و پکتین به عنوان تیمار بهینه با حداکثر میزان مطلوبیت انتخاب و پیشنهاد گردید.

**واژگان کلیدی:** چاشنی مغذی، پکتین، ژلان، زانتان، پسماند لیموترش

### • مقدمه

که ارزش اقتصادی بالایی دارد. ایران رتبه نهم تولید (۴۵۷۲۷۰ تن) لایم و لیمون با ۲۹۰۱۵ هکتار سطح زیر کشت را در بین کشورهای تولیدکننده دنیا دارد (۲). معمولاً خواص ارزشمند مرکبات به محتوی ویتامین ث آنها نسبت داده می‌شود، اما اخیراً نقش مهم فلاونوئیدها و ارتباط آنها با خواص ضد اکسایشی (۴، ۳)، ضد آلرژی بودن، و کاهش بروز بیماری‌های قلبی توسط تحقیقات مختلف نشان داده شده است (۶، ۵). هم چنین خواص ضد سرطانی این ترکیبات و کاهنده چربی خون آنها به اثبات رسیده است (۸، ۷، ۴، ۳). اسانس موجود در

امروزه داشتن یک رژیم غذایی سالم برای مصرف کنندگان یک ضرورت بوده و صنعت غذا را ملزم به ارائه انواع فرمولاسیون با تنوع زیاد می‌نماید. میوه‌ها و سبزیجات به دلیل نقش آنها در جلوگیری از ایجاد بیماری‌هایی مانند چاقی و دیابت و انواع خاصی از سرطان، در ایجاد یک رژیم غذایی متوازن نقش مهمی دارند (۱). ایران از نظر تولید، سطح زیر کشت و عملکرد تولید مرکبات به ترتیب رتبه‌های دهم، هشتم و نهم را در دنیا دارد. سهم ایران از تولید جهانی سه درصد است. در ایران انواع لیمو ترش و لیموشیرین نیز به ویژه در جنوب تولید می‌شود

داشت در حالی که در تیمار شاهد بیشترین میزان رسوب مشاهده شد (۴). Tholstrup Sejersen و همکاران در سال ۲۰۰۷، تأثیر افزودن پکتین با درجه متوکسیلاسیون زیاد در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ در صد را در نو شیدنی اسیدی شیر بررسی نمودند و افزودن پایدارکننده‌ها یا ترکیبات هیدروکلوئیدی به عنوان راه حلی عملی برای جلوگیری از تجمع پروتئین کازئین و دو فاز شدن نوشیدنیهای اسیدی شیر توصیه کردند (۵، ۶). ابراهیم و همکاران در سال ۲۰۱۱ از افزودن پکتین، کربوکسی متیل سلولوز و تفاله فنولی سیب در سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ در صد به آب سیب استفاده کردند تا پایداری حالت ابری و معلق ترکیبات را برای مدت طولانی‌تری در آب سیب حفظ کنند. طی دو هفته انبارمانی، پایداری حالت ابری در نمونه شاهد به سرعت کاهش پیدا کرد در حالی که نمونه‌های حاوی هیدروکلوئیدها در مقایسه با آب میوه تازه پایدار باقی ماندند. همچنین نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در حفظ پایداری حالت ابری آب میوه، نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تأثیر بیشتری داشت (۷).

اهداف اصلی این تحقیق به قرار زیر می‌باشد:

- ۱- تولید محصولی جدید و سالم بر پایه عصاره لیموترش
- ۲- بهبود ارزش غذایی و خواص آنتی‌اکسیدانی محصول با بهره‌گیری از تفاله باقیمانده از فرایند آبگیری لیموترش
- ۳- بهبود پایداری فیزیکی محصول نهایی با استفاده از تلفیق صمغ‌ها در طی نگهداری.
- ۴- بررسی برهم کنش‌های شیمیایی و فیزیکی ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون چاشنی

## • مواد و روش‌ها

معرف فولین سیوکالتیو و متانول ۹۹٪ از شرکت کریستین هانسن دانمارک، اتانول ۹۶٪، سولفوریک اسید، اتیل استات، سدیم نیتريت ۵٪، آلومینیوم کلرید ۱۰٪، استات سدیم، کوئرستین، سدیم هیدروکسید (+) - کاتچین از شرکت مرک آلمان، اسید گالیک، ۲،۲ دی فنیل-۱ پیکریل هیدرازیل (DPPH) از شرکت سیگما آلمان، صمغ ژلان (GESOLGEL® LA: Low acyl) از شرکت هانژو ژلان چین، صمغ زانتان از شرکت فونگ چین و لیموترش از بازار خریداری شدند. **ثبات:** یکی از فاکتورهای ارزیابی حسی است که یکنواخت بودن نمونه (دوفاز نشدن) را نشان می‌دهد. **پذیرش کلی:** یکی از فاکتورهای ارزیابی حسی است.

## روش آماده سازی تفاله لیموترش

واریته لیموترش ایرانی (*Citrus Latifolia*) از باغ‌های جهرم واقع در جنوب استان فارس در ۲۰ مرداد سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری

پوست و بافت لیمو حاوی ترکیباتی نظیر لیمونین ۱-آلفا-پینن (Limonene-1- $\alpha$ -pinen) (۶۰-۷۰ درصد)، گاما ترپینن (2- $\gamma$ -terpinene) (۹-۱۸ درصد) و ترکیبات اکسیژنه (۳/۳ - ۶/۲ درصد) است که ویژگی‌های چند گانه‌ای نظیر خواص ضد میکروبی، ضد اکسایشی از طریق جذب رادیکال‌های آزاد را در محصول نهایی تأمین می‌کنند (۹).

آب لیمو یکی از مواد اولیه مهم در محصولات مایع برپایه میوه لیمو می‌باشد که براساس استاندارد کدکس یک محصول غیر تخمیری که از استخراج عصاره لیمو از میوه آن به روش مکانیکی تولید می‌گردد (۱۰). معمولاً حدود ۴۸ الی ۵۰٪ از میوه لیمو پس از استخراج تفاله شامل پوسته خارجی، بافت داخلی و هسته باقی می‌ماند (۱۱). آبلیمو بسیار اسیدی با pH متوسط ۲/۳ می‌باشد. اسید سیتریک یک اسید آلی مهم شناخته شده به همراه مقدار کمتری اسید مالیک و اسید اسکوربیک در آب لیمو یافت می‌شوند (۱۲). تاکنون استفاده کارآمدی از این بخش ضایعات باقیمانده از صنعت تولید آبلیمو بعمل نیامده است. در حالی که همانطور که اشاره شد این تفاله حاوی ترکیبات مغذی و زیست فعال می‌باشد و بکارگیری آن در فرمولاسیون‌های غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت ارتقای کیفی محصولات غذایی محسوب شود و ضمناً از آلودگی محیط زیست ناشی از دورریز آن جلوگیری می‌گردد. لازم به ذکر است که ضایعات ناشی از فرآوری مرکبات در دنیا بالغ بر ۱۰ میلیون تن در سال گزارش شده که می‌تواند مشکلات اقتصادی و محیط زیستی جدی به بار بیاورد (۳). امروزه آبلیموهای صنعتی موجود در بازار به لحاظ کیفی با یکدیگر تفاوت دارند که علت به استفاده از مقادیر مختلف آبلیمو و یا کنسانتره آن در فرمولاسیون است. در نتیجه ارزش غذایی و کیفی آبلیموهای صنعتی و ناپایداری فیزیکی آن کاهش می‌یابد که این موضوع یکی دیگر از مشکلاتی است تولیدکنندگان صنعتی این محصول با آن روبه‌رو هستند. یکی از افزودنی‌هایی که در بهبود پایداری فیزیکی محصولات مایع مؤثر می‌باشند، صمغ‌ها هستند که از دو فاز شدن محصول جلوگیری می‌کنند. در سال ۱۹۹۷ قنادی و همکاران، تأثیر افزودن پکتین (۰/۲ و ۰/۳ درصد) و صمغ زانتان (۰/۱ و ۰/۲ درصد) بر پایداری آب پرتقال پالپ دار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار شاهد از کمترین و تیمار حاوی ۰/۲ درصد زانتان، از بیشترین میزان کدورت، گرانیروی و pH برخوردار بودند. همچنین از لحاظ ویژگی‌های حسی طعم، رنگ، یکنواختی، عطر و بو، تیمار حاوی ۰/۲ درصد پکتین، بالاترین امتیاز را کسب نمود. به علاوه میزان تعلیق ذرات پالپ در تیمار حاوی ۰/۲ درصد زانتان، در بهترین وضعیت قرار

در محفظه زیر سیکلون جمع آوری شده و بلافاصله به دسیکاتور جهت نگهداری تا زمان انجام آزمایشات بعدی منتقل شد (۱۳).

### سنجش مقدار کل ترکیبات فنولی

مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از روش رنگ سنجی Folin-Ciocalteu (۹) تعیین گردید.

نمونه با غلظت ۱۰ میلی گرم بر میلی لیتر تهیه شد. ۰/۵ میلی لیتر از نمونه با ۲/۵ میلی لیتر واکنشگر ۰/۲ نرمال فولین سیوکالتیو مخلوط و به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. سپس ۲ میلی لیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد با غلظت ۷۵ گرم در لیتر اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت قراردادن در دمای اتاق با استفاده از دستگاه طیف سنج در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

### سنجش مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی

مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی با استفاده از روش طیف سنجی در طول موج ۵۱۰ نانومتر و ترکیب Catechin-(+) به عنوان استاندارد با کمک فرمول زیر ارزیابی گردید (۹).

$$\text{مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی} = \frac{Catechin (mg)}{100 gr} \text{ پسماند لیموترش}$$

### استخراج پکتین از پوست لیمو ترش

ابتدا پوست لیمو همراه با لایه سفید داخل آن به قطعات کوچکتر برش زده شد. ترکیبات گلیکوزیدی با طعم تلخ بخش پوست لیموترش با کمک شستشوی چند مرحله‌ای با آب زدوده شد. صد گرم از نمونه راهمراه با ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون بشر ریخته و به این مخلوط ۲/۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد افزوده شد تا pH به ۲/۲ برسد. سپس به مدت ۴۵ دقیقه جوشانیده و سوسپانسیون حاصله توسط کاغذ صافی صاف و بخش باقیمانده روی کاغذ صافی ۲۵۰ میلی لیتر آب شستشو داده و تا دمای محیط خنک شد تا تخریب پکتین توسط حرارت به حداقل برسد. در مرحله بعد، ۲۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد به ۱۰۰ میلی لیتر از محلول خنک شده افزوده، همزده و بصورت راکد نگه داشته شد تا ذرات پکتین روی سطح شناور شود. بخش زله‌ای پکتین که بصورت لخته شده جدا شد. پکتین صاف شده به آرامی فشار داده شد تا حلال اضافی آن خارج شده و در نهایت روی یک شیشه ساعت توزین و دمای ۵۰ درجه به مدت ۱۹ ساعت خشک شد (۱۴).

### فرمولاسیون نمونه‌های چاشنی مغذی

نمونه شاهد براساس فرمولاسیون آلبیموی صنعتی بترتیب زیر آماده گردید:

و توسط آبمیوه گیری دستی؛ آگیری و تفاله حاصله شامل بخشهای هسته و پوست و پالپ میوه با کمک در آن تحت خلا آزمایشگاهی (WiseVen Oven, WOV-20) در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به رطوبت ثابت (۹٪) خشک شد (۸). در مرحله بعد ترکیبات فنولیک آزاد و باند شده از تفاله خشک به شرح زیر استخراج گردید.

### استخراج ترکیبات فنولیک آزاد

استخراج ترکیبات فنولیک آزاد مطابق با روش Zhang و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد (۹). ۱۵۰ گرم از تفاله خشک با آب مقطر به نسبت w/v ۱:۲ و به مدت ۵ دقیقه با کمک همزن (IKA Labortechnik ساخت آلمان) به طور کامل مخلوط گردید. سپس سوسپانسیون حاصله با استفاده از هموژنایزر (Heidolph ساخت آلمان) به مدت ۵ دقیقه در ۴ درجه سانتی‌گراد (یکنواخت گردیده و سانتریفوژ شد (۵۰۰۰ دور در دقیقه، ۵ دقیقه، ۴ درجه سانتی‌گراد). رسوب حاصله با ۳۰۰ میلی لیتر از آب مقطر مجدداً استخراج و و به مدت ۸ دقیقه سانتریفوژ گردید و مایع فوقانی حاصل از این دو مرحله با یکدیگر مخلوط و سپس توسط سیستم تبخیرکننده دوار تحت خلا (Heidolph ساخت آلمان) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ گردید. ترکیبات فنولیک آزاد استخراج شده در دمای یخچال نگهداری گردید.

### استخراج ترکیبات فنولیک باند شده

ترکیبات فنولیک باند شده مطابق با روش Zhang و همکاران (۲۰۱۴) به کمک هیدرولیز اسیدی استخراج گردید (۹). ۳۰ گرم از رسوب باقی مانده از مرحله اول، با ۱۲۰ میلی لیتر مخلوط اسید سولفوریک ۹۸٪ و متانول با نسبت (۱۰:۹۰ حجمی/حجمی) در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در بن ماری شیکردار برای مدت ۲۰ ساعت مخلوط کرده و سپس مخلوط حاصله با کمک محلول ۱۰ مولار هیدروکسید سدیم خنثی شد و در تبخیرکننده دوار تحت خلا (Heidolph ساخت آلمان) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و در دمای یخچال نگهداری شد.

### خشک کردن ترکیبات پلی فنولی استخراجی توسط خشک کن پاششی

عصاره حاصله تهیه شده در مراحل قبل حاوی ترکیبات پلی فنلی، به دستگاه خشک کن پاششی آزمایشگاهی (مدل Dorsa tech, DSD-06 ساخت ایران) مجهز به اتومایزر دوسیاله تزریق شد. دمای هوای ورودی ۱۳۶ درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان هوای ورودی ۳/۶ مترمکعب بر ساعت و نرخ خوراک ورودی ۸/۸ میلی لیتر بر دقیقه بود. پودر تولیدی (با راندمان حدود ۷۵٪)

### تعیین ویسکوزیته ظاهری

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر BROOKFIELD DVII با کمک اسپیندل استوانه ای شماره ۶۱ در سرعت برشی ۰/۳ تا ۱۰۰ s-1 بررسی شد (۱۶).

### تعیین مقدار کل فلاونوئیدی

مقدار کل محتوای فلاونوئیدی نمونه‌ها با استفاده از روش Vijayalaxmi و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی شد (۱۷). از کوئرستین به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد (۱۷). روش کار مشابه توضیحات فوق الذکر بوده با این تفاوت که در سنجش ترکیبات فلاونوئیدی در محصولات برپایه عصاره لیمو از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شده و میزان فلاونوئید بر اساس میزان میلی گرم کوئرستین بر گرم عصاره گزارش گردید (۱۸).

### ارزیابی حسی

خصوصیات حسی نمونه‌های چاشنی با کمک ۱۵ ارزیاب آموزش دیده و دارای تجربه در ارزیابی فرآورده آبلیموی صنعتی، در محدوده ی سنی ۲۳ تا ۴۳ سال و جنسیت مرد و زن به روش هدونیک ۵ امتیازی در محل آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت تولیدی کالیسان (فیض) انجام شد. از آنجا که این افراد در خط تولید آبلیمو در این شرکت مشغول به کار بودند، لذا باچگونگی ارزیابی ویژگی‌های آبلیمو آشنایی کامل داشتند. هر نمونه به صورت تصادفی با یک کد سه رقمی نام گذاری شد. نمونه‌ها درون بطری‌های شیشه ای ریخته شده و به صورت تصادفی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیاب‌ها تحت تابش نور فلورسنت مهتابی و آفتابی (مشابه نور روز) و در دمای محیط، نمونه‌ها را ارزیابی کردند و در فرم ارزیابی حسی برای هر ویژگی امتیاز (۰-۵) دادند (۱۹). در این ارزیابی ویژگی‌هایی که در صنعت برای بررسی محصول آبلیمو مدنظر است، معیار قرار داده شده است از مهم ترین ویژگی‌های حسی موردنظر در این تحقیق میزان پایداری فیزیکی (دوفاز شدن) (۲۰) و پذیرش کلی محصول از سوی داوران بوده است.

### تجزیه و تحلیل آماری

هفده نمونه چاشنی مغذی با استفاده از نرم افزار Design Expert (Stat Ease Corp., USA)، روش طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر براساس سه فاکتور زانتان، پکتین، ژلان در سه سطح به ترتیب (۰-۱/۱ درصد)، (۰-۱/۲ درصد)، (۰-۱/۱ درصد) در مرحله انتخاب تیمار بهینه پارامترهای فعالیت آنتی اکسیدانی (حداکثر)، ترکیبات فلاونوئیدی (حداکثر) و پایداری فیزیکی براساس میزان رسوب (حداقل) در نرم افزار وارد گردید.

۲۰ درصد آب لیمو، ۰/۴۷ درصد اسید سیتریک (به منظور تنظیم pH چاشنی تولیدی، ۰/۰۳ درصد اسید اسکوربیک، ۱/۰۱ درصد شکر (به منظور تنظیم بریکس)، ۰/۰۲۷ درصد متابی سولفیت سدیم، ۳/۳۷ درصد از گرانول‌های استر گلیسرولی صمغ روزین با نام تجاری (SUGUM 101) تولیدی شرکت (Sood Paper & Allied Chemicals, India)، ۰/۹۰۱ درصد افزودنی مجاز و ۷۴/۱۹ درصد آب.

نمونه‌های چاشنی مایع مورد نظر به صورت مخلوطی از عصاره لیمو، پلی فنول و فلاونوئید استخراج شده از تفاله لیموترش (به میزان ثابت ۰/۰۱ درصد در تمامی تیمارها) و مقدار مشخص از صمغ‌های ژلان، زانتان و پکتین آماده گردید. پکتین مطابق با روش فوق الذکر از تفاله لیموترش که جز ضایعات فرایند صنعتی تولید آبلیمو محسوب می‌شود، استخراج و در فرمولاسیون چاشنی مغذی استفاده گردید. با این کار اولاً از ضایعات صنعتی استفاده کارآمد بعمل آمده که به لحاظ اقتصادی برای تولیدکننده مقرون به صرفه خواهد بود و ثانیاً ویژگی‌های این ترکیب پکتینی با چاشنی مغذی برپایه عصاره لیموترش در مقایسه با محصول تجاری پکتین تولید شده از منابع مختلف، هماهنگی بیشتری دارد. فرمولاسیون‌های مختلف این نمونه‌ها براساس طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر با سه فاکتور صمغ زانتان، پکتین و ژلان در سه سطح به ترتیب (۰/۱-۰ درصد)، (۰-۱/۲ درصد)، (۰-۱/۱ درصد) طراحی شد (جدول ۱). این سطوح براساس برگ آنالیز تولیدکنندگان ژلان و زانتان و نتایج تحقیقات گذشته انتخاب شده است.

### آزمون‌های ارزیابی نمونه‌های چاشنی مغذی

#### میزان فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها با روش ارزیابی درصد مهار رادیکال‌های آزاد (DPPH) و بررسی میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر گزارش شد (۱۵).

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(Ac - As)}{Ac} \times 100$$

که در این رابطه Ac و As به ترتیب میزان جذب نمونه شاهد و جذب نمونه می‌باشند.

#### میزان پایداری فیزیکی

میزان پایداری (میزان رسوب تشکیل شده) نمونه‌ها در طی نگهداری آنها ارزیابی گردید. مقدار ۸ میلی لیتر از تیمار با دور ۲۵۰۰ rpm و زمان ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و درصد رسوب از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۱۶).

$$(\%) \text{ مقدار رسوب} = 100 \times (\text{ارتفاع لایه فوقانی} - \text{ارتفاع کل})$$

## • یافته‌ها

## بررسی اثرات مستقل و متقابل سه ترکیب پکتین، زانتان

## و ژلان بر ویژگی‌های مختلف چاشنی مغذی

نتایج حاصل از تأثیر سه متغیر زانتان، پکتین و ژلان بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، درصد رسوب، ویسکوزیته، فلاونوئیدها، ارزیابی حسی (پایداری فیزیکی) و پذیرش کلی چاشنی مغذی در جدول ۱ آورده شده و نحوه تأثیر هر یک از عوامل فرمولاسیون، زانتان (A)، پکتین (B) و ژلان (C) بر ویژگی‌های فوق در نمونه‌های چاشنی مغذی به روش آماری تجزیه و تحلیل شده و مدل‌های زیر توسط نرم افزار پیشنهاده گردیده است:

=فعالیت آنتی‌اکسیدانی

$$60.443 + 50.148A + 287.162B + 48.758C$$

$$60.443 + 2.758A - 7.642B - 5.985B - 4.665C$$

=ویسکوزیته ظاهری

$$2437.728 + 8274.857A + 6738.144B + 13825.929C -$$

$$70.75/976AB + 5529/563AC - 59345/533BC$$

=مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی

$$717/854 + 110.2/814A + 12396/848B + 20.76/778C$$

$$(ارزیابی حسی) = 3/487 + 2/197A + 2/135B - 7/209C$$

$$54/024AC + 54/800BC - 253/869A^2 - 51/312B^2 + 20/504C^2$$

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط مدل خطی شماره ۱ قابل بررسی است. در این مدل اثر مستقل معنی‌دار ( $p < 0.001$ ) با  $R^2 = 0.8572$  هر سه عامل زانتان، پکتین و ژلان مشاهده شد به طوری که هر سه بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی چاشنی مغذی اثر مستقل مثبتی نشان دادند و درحالی که هیچ نوع اثر متقابلی بین آنها مشاهده نشد. تأثیر مستقل پکتین به میزان قابل توجهی از دو هیدروکلوئید دیگر بیشتر بود. نتایج آنالیز آماری نشان داد که اثرات مستقل زانتان و ژلان بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصول نهایی معنی‌دار نبود و تنها پکتین بر این پارامتر به طور معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) تأثیر داشت (جدول ۲).

**جدول ۱.** فرمولاسیون نمونه‌های مختلف طراحی شده چاشنی مغذی با مقادیر مختلف از زانتان، پکتین و ژلان و نحوه تأثیر آن بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ناپایداری فیزیکی، ویسکوزیته، فلاونوئیدها، ارزیابی حسی (ثبات) و پذیرش کلی با استفاده از مدل سطح پاسخ

نمونه	زانتان (%)	پکتین (%)	ژلان (%)	فعالیت آنتی‌اکسیدان (%)	ناپایداری فیزیکی (%)	ویسکوزیته (Pa.s)	فلاونوئید (ppm)	ثبات حسی (-)	پذیرش کلی (-)
۱	۰/۰۲	۰/۲۰	۰	۲±۱۱۴	۱/۶۲±۰/۸۶	۹±۳۷۸۴	۳۲۵۴/۹±۰/۰۴۴	۳/۹±۰/۳۱۶	۴/۱±۰/۳۱۶
۲	۰/۱	۰/۰۴	۰	۷۸±۱	۱/۸۳±۰/۵۵	۳۵۲۰±۲۴	۱۰۰۵/۴±۰/۰۲۳	۳/۳±۰/۳۱۶	۳/۷±۰/۴۸۳
۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۰	۱۰۶±۲	۱/۷۷±۰/۳۵	۳۶۱۸±۱۰	۲۵۴۱/۷±۰/۰۴۵	۴/۸±۰/۴۸۳	۴/۹±۰/۳۱۶
۴	۰/۰۶	۰	۰	۵۱±۱	۲/۴۲±۰/۵۴	۲۹۸۴±۵	۸۳۱/۵۸±۰/۰۳۶	۴/۲±۰/۳۱۶	۴/۷±۰/۴۸۳
۵	۰/۰۶	۰/۲۳	۰	۱۰۸±۴	۰/۸۸±۰/۴۳	۴۳۲۷±۸	۳۵۸۷/۵±۰/۰۲۸	۴/۳±۰/۳۱۶	۴/۲±۰/۴۲۱
۶	۰	۰/۱۲	۰	۱۰۶±۲	۱/۹±۰/۲۷	۳۳۲۸±۳	۲۵۴۵/۲±۰/۰۴۱	۴/۳±۰/۳۱۶	۴/۱±۰/۵۶۷
۷	۰/۱	۰/۲	۰	۱۳۵±۳	۰/۷۸±۰/۲۵	۴۵۸۷±۷	۳۳۷۴/۲±۰/۰۱۵	۳/۹±۰/۴۲۱	۴/۲±۰/۴۲۱
۸	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۷۱±۱	۲/۳±۰/۴۹	۳۰۰۴±۱۱	۹۹۴/۲۵±۰/۰۳	۳/۸±۰/۳۱۶	۳/۸±۰/۴۲۱
۹	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱	۱۰۵±۳	۰/۸۲±۰/۵۷	۴۴۲۱±۵	۲۵۴۴/۵±۰/۰۳۷	۴/۸±۰/۴۸۳	۴/۵±۰/۵۲۷
۱۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۶	۱۰۶±۲	۰/۷۷±۰/۸۲	۴۵۸۲±۲	۳۲۵۷/۲±۰/۰۲۵	۴/۴±۰/۵۱۶	۳/۵±۰/۵۲۷
۱۱	۰	۰/۲	۰/۱۲	۱۱۴±۲	۱/۴۵±۰/۸	۳۸۹۲±۱۵	۳۲۵۵/۳±۰/۰۲۴	۴/۲±۰/۴۸۳	۳/۳±۰/۴۸۳
۱۲	۰	۰/۲	۰/۰۶	۱۱۵±۴	۰/۹۶±۰/۱۶	۴۱۲۵±۱۰	۳۲۵۵/۱±۰/۰۳	۴±۰/۴۲۱	۳±۰/۰
۱۳	۰	۰	۰	۵۲±۱	۲/۶۷±۰/۰۱	۲۴۱۳±۸	۸۳۲/۱۴±۰/۰۲۳	۴/۲±۰/۴۲۱	۳±۰/۰
۱۴	۰	۰/۱۲	۰/۰۶	۱۰۵±۲	۱/۷۶±۰/۹۲	۳۶۱۷±۹	۲۵۴۱/۵±۰/۰۴۴	۴/۷±۰/۴۸۳	۴/۸±۰/۴۲۱
۱۵	۰	۰/۱۲	۰/۱	۱۰۶±۳	۱/۵۸±۰/۵۷	۳۹۶۴±۷	۲۵۴۲/۳±۰/۰۴۶	۳/۴±۰/۳۱۶	۳/۵±۰/۵۲۷
۱۶	۰	۰/۲۳	۰/۰۲	۱۳۶±۱	۱/۲±۰/۰۴	۴۰۰۲±۹	۳۳۵۸/۴±۰/۰۲۴	۳/۶±۰/۳۱۶	۳/۷±۰/۴۸۳
۱۷	۰	۰/۰۴	۰	۷۹±۲	۲/۵۱±۰/۸۳	۲۷۵۴±۵	۱۰۰۶/۳±۰/۰۷	۴/۴±۰/۵۱۶	۳/۲±۰/۴۲۱

شماره ۶ قابل بررسی است. این مدل‌ها معنی‌دار ( $p < 0.0001$ ) بود و به ترتیب با  $R^2 = 0.5401$  با سطح پذیرش متوسط و  $R^2 = 0.8923$  با سطح پذیرش مطلوب، به دست آمد. نکته مهم این است که بر اساس نتایج آنالیز آماری، اثرات مستقل زانتان و پکتین بر ویژگی‌های حسی پایداری و پذیرش کلی محصول نهایی معنی‌دار نبود و تنها ژلان بر پایداری محصول به طور معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) تأثیر داشت (جدول ۲).

به منظور آنالیز دقیقتر اثرات زانتان، پکتین و ژلان بر کلیه فاکتورهای خروجی نمونه چاشنی نمودار ۱ (الف تا و) قابل بررسی می‌باشد. کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه شاهد (۱۳) و نمونه شماره ۴ که تنها حاوی ۰/۰۶ درصد زانتان بود، مشاهده شد (جدول ۱ و شکل ۱ الف و ب). در حالی که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه شماره ۱۶ فرموله شده با ۰/۲۳ پکتین و ۰/۰۲ ژلان بدست آمد (جدول ۱). اثر مستقل زانتان، پکتین و ژلان بر درصد سوب به ترتیب در نمودارهای ج و د نمایش داده شد. بیشترین و کمترین میزان ناپایداری فیزیکی به ترتیب در نمونه‌های ۱۳ و ۱۰ بود. اثر متقابل زانتان-پکتین و ژلان-پکتین بر ویسکوزیته به ترتیب در نمودارهای ه و و نمایش داده شد. اثر مستقل زانتان، پکتین و ژلان بر میزان فلاونوئیدها به ترتیب در نمودارهای ز و ح نمایش داده شد که کمترین میزان فلاونوئیدها به ترتیب در نمونه‌های شاهد ۱۳ و ۴ مشاهده شد و بیشترین مقدار آن در نمونه‌های ۷ و ۱۶ به دست آمد. اثر مستقل زانتان، پکتین و ژلان بر میزان ثابت (ارزیابی حسی) به ترتیب در نمودارهای ط و ی نمایش داده شده است. اثر مستقل زانتان، پکتین و ژلان بر پذیرش کلی به ترتیب در نمودارهای ل و ک مشاهده شد.

میزان ناپایداری فیزیکی نمونه‌ها توسط مدل خطی شماره ۲ قابل بررسی است. این مدل با  $p < 0.0001$  و  $R^2 = 0.9165$  معنی‌دار است. ضرایب منفی زانتان، پکتین و ژلان حاکی از اثرات مستقل منفی هر سه ترکیب بر میزان ناپایداری فیزیکی و دو فاز شدن نمونه چاشنی مغذی و تأثیر مثبت آنها بر کاهش میزان رسوب بود (جدول ۲). نتایج آنالیز آماری در تحقیق حاضر نشان داد که اثرات مستقل زانتان و پکتین و ژلان بر میزان ناپایداری محصول نهایی ( $P < 0.01$ ) معنی‌دار بود (جدول ۲).

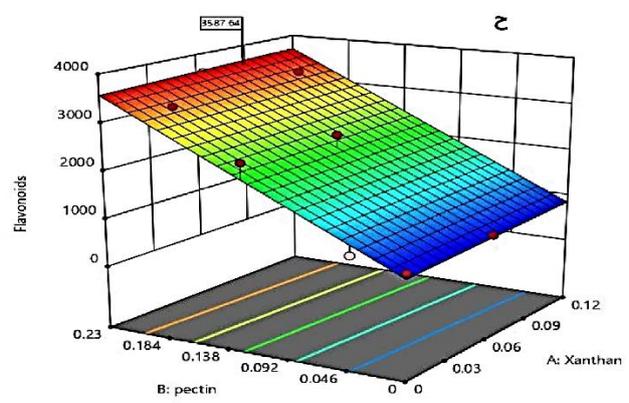
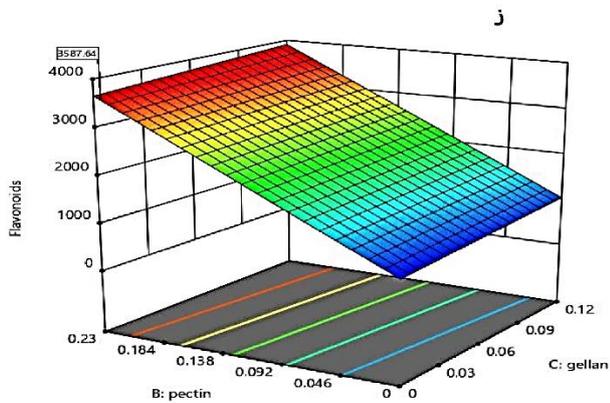
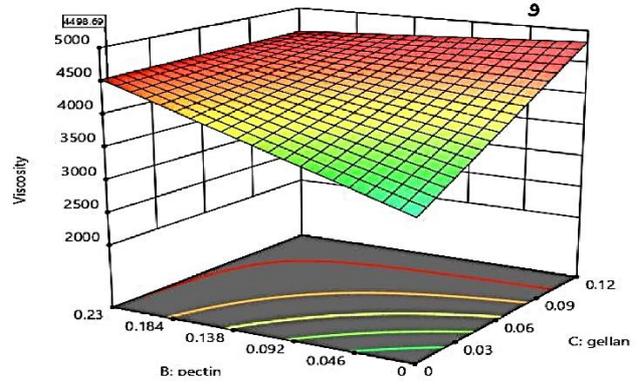
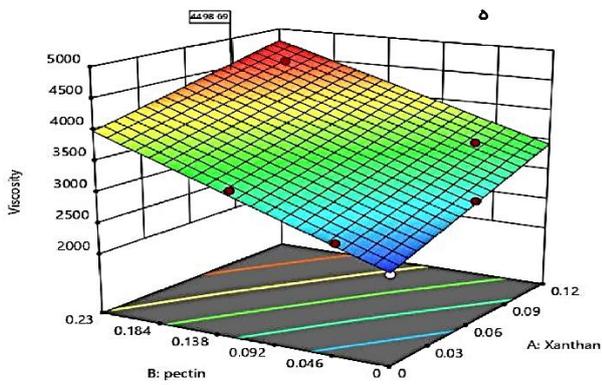
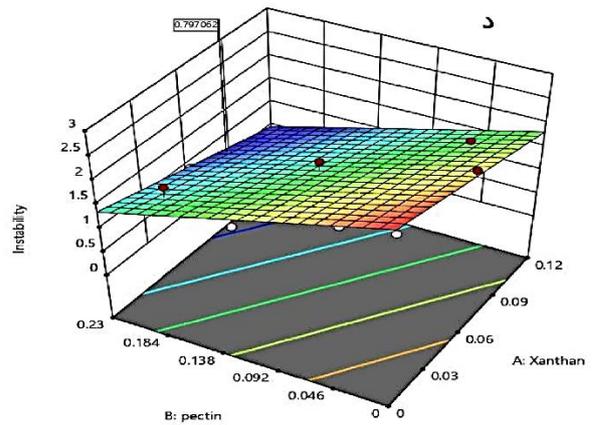
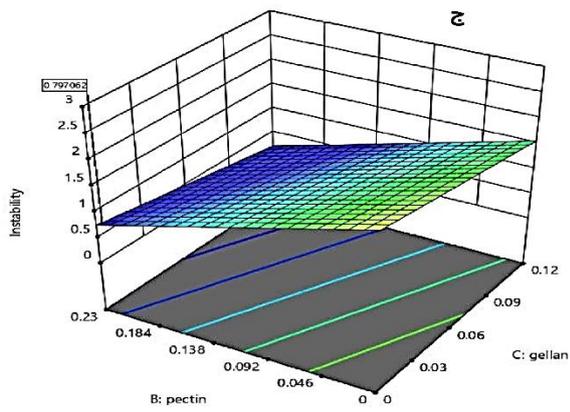
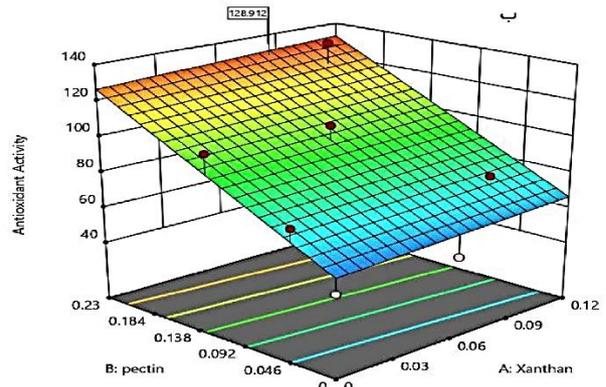
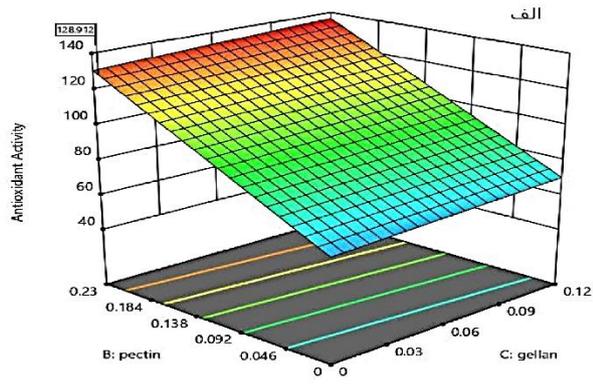
میزان ویسکوزیته ظاهری توسط مدل خطی شماره ۳ قابل بررسی است. این مدل با  $p < 0.0001$  و  $R^2 = 0.9800$  معنی‌دار است. روند تغییرات ویسکوزیته نمونه‌های چاشنی مغذی تحت تأثیر اثرات مستقل هر سه ترکیب و اثرات متقابل منفی دو بدوی ژلان-پکتین و زانتان-پکتین قرار می‌گیرد. در حالی که اثر مستقل هر عامل بر افزایش ویسکوزیته مشهود و قابل پیش بینی بود ولی نتایج آنالیز آماری نشان داد که اثرات متقابل ژلان-پکتین بر این پارامتر به طور معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) تأثیر داشت (جدول ۲) که دلایل آن در قسمت بحث بررسی گردیده است.

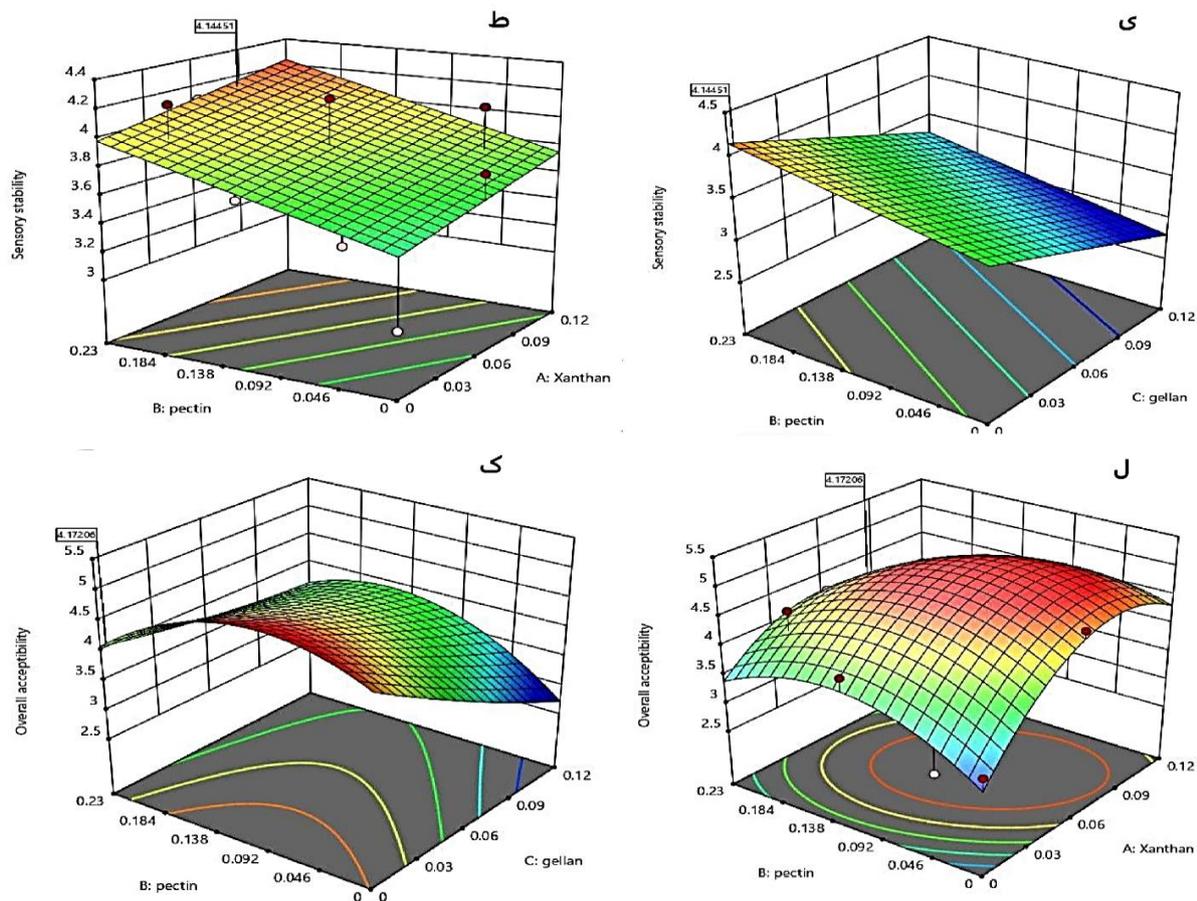
بر اساس نتایج بدست آمده است از اندازه گیری میزان فلاونوئیدها در چاشنی مغذی مدل خطی شماره ۴ جهت بررسی اثرات مستقل هر یک از ترکیبات بر این خصوصیت پیشنهاد داده شد و بر اساس این مدل اثرات متقابل مشاهده نگردید. جدول ۲ نشان می‌دهد که از میان سه ترکیب تنها اثر مستقل پکتین معنی‌دار بود.

از میان ویژگی‌های حسی، فاکتور پایداری محصول توسط مدل خطی شماره ۵ و پذیرش کلی توسط مدل quadratic

**جدول ۲.** ضرایب همبستگی زانتان، پکتین و ژلان با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار رسوب، ویسکوزیته، فلاونوئیدها و ویژگی‌های حسی محصول

	Intercept	A- زانتان	B- پکتین	C- ژلان	AB	AC	BC	A <sup>2</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	+۶/۴۴	+۵/۱۵	-۲۸۷/۱۶	+۴۸/۷۶						
P values		۰/۴۳۹۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۴۶۲۰						
ناپایداری فیزیکی	+۲/۷۶	-۷/۶۴	-۵/۹۹	-۴/۶۷						
P values		<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۶						
ویسکوزیته ظاهری	+۲۴۳۷/۷۳	+۸۳۷۴/۸۶	+۶۷۳۸/۱۴	+۱۳۸۳۵/۹۳	-۷۰۷۵/۹۸	+۵۵۲۹/۵۶	۵۹۳۴۵/۵۳			
P values		<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۶۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۴۳۶	۰/۷۹۶۱	۰/۰۰۵۸			
فلاونوئیدها	-۷۱۷/۸۵	+۱۱۰۳/۸۱	-۱۲۳۹۶/۸۵	+۲۰۷۶/۷۸						
P values		۰/۴۱۵۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۴۵۸						
ارزیابی حسی ثابت	+۳/۴۹	+۲/۲۰	-۲/۱۴	-۷/۲۱						
P values		۰/۳۱۲۱	۰/۰۸۴۳	۰/۰۰۵۰						
پذیرش کلی	+۲/۹۸	+۴/۱۷	-۱۳/۶۱	-۱۴/۴۸	-۵۴/۵۲	-۵۴/۰۲	+۵۴/۸۰	-۲۵۳/۸۷	-۵۱/۳۱	+۲۰/۵۰
P values		۰/۵۶۰۸	۰/۴۳۶۶	۰/۰۶۷۵	۰/۱۳۶۱	۰/۳۸۲۷	۰/۴۰۱۷	۰/۰۰۹۹	۰/۰۳۵۱	۰/۸۱۴۸





شکل ۱. طرح‌های سه بعدی اثرات پارامترهای (زانتان، پکتین و ژلان) روی فعالیت آنتی‌اکسیدان (الف، ب) درصد رسوب (ج، د)، ویسکوزیته ظاهری (ه، و)، فلاونوئیدها (ز، ح)، ارزیابی حسی (پایداری) (ط، ی) و پذیرش کلی (ک، ل)

## • بحث

به عنوان یک هیدروکلوئید ژل کننده و غلظت دهنده در محصولات غذایی مختلف شناخته می‌شود که معمولاً به دو صورت (high acyl gellan) و هیدرولیز شده به روش قلیایی (low acyl gellan) در دسترس می‌باشد. نوع دوم که کاربرد بیشتری در نوشیدنی‌ها دارد و در تحقیق حاضر نیز بکاربرده شده، خواص آنتی‌اکسیدانی خوبی با تجزیه آنزیمی زنجیره پلیمری آن از خود نشان می‌دهد. ولی از آنجایی که این ترکیب از پایداری خوبی در محیط اسیدی برخوردار است، در چاشنی مغذی تولیدی تجزیه نشده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی چندانی نیز در مقایسه با پکتین نشان نمی‌دهد (۲۶، ۲۷).

بسیاری از هیدروکلوئیدها به عنوان پایدار کننده عمل می‌کنند. این ترکیبات با افزایش ویسکوزیته و گرانی فاز پیوسته یا ترکیبات ژل در فاز پیوسته، باعث کاهش حرکت ذرات و قطرات می‌شوند و سرعت به هم پیوستگی ذرات و جدا شدن فازها از یکدیگر را کاهش می‌دهند (۲۸). برخی از صمغ‌ها نیز با تأثیر بر دافعه الکتروستاتیکی و دافعه فضایی، باعث بهبود پایداری محصول می‌شوند (۲۹). نتایج حاصل از

فعالیت آنتی‌اکسیدانی الیگوساکارید حاصل از تجزیه زانتان در محیط‌های اسیدی و قلیایی در تحقیقات گذشته به اثبات رسیده است (۲۱). این فعالیت آنتی‌اکسیدانی به افزایش گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل آزاد جهت ترکیب با رادیکال‌های آزاد مربوط می‌شود و از آنجایی که میزان و شدت هیدرولیز زانتان در محیط قلیایی بیشتر از اسیدی است، فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نیز در محیط قلیایی مشاهده می‌شود (۲۲). در تحقیق حاضر، pH چاشنی مغذی تولیدی به طور متوسط ۲/۳ بوده و این موضوع فعالیت آنتی‌اکسیدانی ضعیف زانتان را توضیح می‌دهد. پکتین ترکیب پلیمری است که از واحدهای اسید گالاکتورونیک تشکیل شده و بدلیل دارا بودن تعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۲۳). بدیهی است این خصوصیت از وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی همراه با پکتین استخراجی نظیر ویتامین ث و پلی فنل‌ها و همچنین قدرت پکتین به عنوان جاذب رادیکال‌های آزاد ناشی می‌شود (۲۴، ۲۵). ژلان

این پژوهش با نتایج تحقیقات Udomsup و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۳۰). این محققین نشان دادند که استفاده از صمغ زانتان باعث کاهش میزان رسوب و پایداری بیشتر در نمونه های آب از به می گردد. همچنین Liang و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان، ژلان و کربوکسی متیل سلولز را بر میزان رسوب ذرات در آب هویج بررسی کردند و کاهش میزان رسوب را در نمونه های آب هویج گزارش کردند (۳۱).

صمغ زانتان که از تخمیر هوزی توسط زان تاموس کامپیرتیس تولید می شود، به دلیل وزن مولکولی بالا  $2 \times 10^6 - 2 \times 10^7$ ، خصوصیات سودوپلاستیکی و غلظت دهندگی عالی و پایداری مطلوب در برابر حرارت؛ اسید و قلیا کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد (۳۲). تاکنون استفاده از مخلوط هیدروکلوئیدها در محصولات غذایی مختلف نظیر سس کچاپ، ماست و یا دوغ مورد بررسی قرار گرفته و معمولاً این امر منجر به بهبود خصوصیات رئولوژیکی و افزایش ویسکوزیته محصول شده است (۳۳-۳۵، ۱۷). هیدروکلوئیدها در محلولها یا در اثر افزایش گرانیوی ظاهری فرآورده یا در اثر برهم کنشهای کلوئیدی، سبب پایداری ترکیبات می شوند (۷) از سوی دیگر افزایش ویسکوزیته ظاهری در نتیجه مصرف سطوح بالاتر صمغ، می تواند به دلیل تشکیل شبکه و ساختار قوی تر باشد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت اتصال به آب سبب کاهش جریان پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می شوند (۳۶).

ابراهیم و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر هیدروکلوئیدهای نظیر گوار، زانتان و کربوکسی متیل سلولز را بر خصوصیات فیزیکی و حسی ماست مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها، سبب افزایش معنی دار ویسکوزیته محصولات می گردد (۷). عباسی و رحیمی (۱۳۸۴). تأثیر غلظت، دما و سرعت چرخش را روی رفتار جریان صمغ کتیرای ایرانی مورد بررسی قرار دادند. در کلیه تیمارها افزایش غلظت صمغ، سبب افزایش میزان ویسکوزیته ظاهری گردید (۳۶). نکته حائز اهمیت این است که در محصولات غذایی مختلف، علاوه بر هیدروکلوئیدهای اضافه شده، در فرمولاسیون محصول برخی از بیوپلیمرهای اصلی نظیر پروتئینها و یا کربوهیدراتهای سازنده محصول نیز وجود دارند و معمولاً برهمکنش اصلی بین یکی از هیدروکلوئیدها با ترکیبات پلیمری اصلی سازنده محصول صورت می گیرد. در حالی که در تحقیق حاضر محیط آبی چاشنی مغذی تولیدی تنها متشکل از هیدروکلوئیدهای افزوده شده است و بدین ترتیب برهمکنش واقعی بین آنها قابل مشاهده است. Caballero و همکاران

(۲۰۱۶) ویژگی های رئولوژیکی محلول آبی متشکل از زانتان و پکتین را بررسی نمودند و در مدل های ارائه شده اثرات متقابل منفی این دو هیدروکلوئید را در محیط اسیدی بر اندیس قوام محلول نهایی گزارش کردند (۳۷). ایشان بر این نکته تأکید کردند که نکته مهم در برهمکنش هیدروکلوئیدها در محیط آبی، رقابت آنها در جذب آب می باشد که این امر بستگی به دانسیته بار سطحی هیدروکلوئید در محیط دارد و از این نظر پکتین قوی تر از زانتان و ژلان قوی تر از پکتین عمل می کند. بنابراین در چنین محیطی با pH اسیدی هر یک از هیدروکلوئیدها به تنهایی به خوبی عمل می کنند ولی برهمکنش منفی بر میزان ویسکوزیته محصول دارند. نتایج ارائه شده در جدول ۲ حاکی از آن است که اثرات متقابل منفی بین زانتان و پکتین و نیز پکتین و ژلان وجود دارد و اثر متقابل زانتان و ژلان مثبت است. این بدین معنی است دو ترکیبی که بارسطحی کمتری دارند تداخل کمتری نیز از نظر جذب آب نشان می دهند. نکته حائز اهمیت این است که از میان موارد فوق الذکر تنها اثر متقابل منفی پکتین و ژلان معنی دار است که تأثیر نامطلوب حضور ژلان را در فرمولاسیون این محصول تأیید می کند.

فلاونوئیدها ترکیبات بسیار مهم و سلامتی بخشی می باشند که خطر ابتلا به بیماری های سرطان و قلبی عروقی را کاهش می دهند (۳۸). لیمو منبع خوبی از فلاونوئیدها است و حاوی مقادیر بالایی از این ترکیبات تقویت کننده سلامت می باشد. تحقیقات گذشته نشان داده که پکتین استخراجی از پوست مرکبات به ویژه لیمو غنی از ترکیبات فلاونوئیدی است که عامل بسیاری از خصوصیات سلامتی بخش آن می باشد (۳۹).

از نقطه نظر ویژگی های حسی هر دو مدل حاصله مربوط به پایداری و پذیرش کلی محصول، بر اثر مستقل منفی ژلان تأکید می کنند. بنظر می رسد به دلیل حضور پکتین، ژلان قادر به عملکرد خوبی نمی باشد و اعضا پل چشایی امتیاز خوبی به ثبات نمونه های حاوی ژلان نداده اند. از نظر پذیرش کلی نیز نتیجه مشابهی حاصل شده که این امر احتمالاً به طعم اسیدی شدید ناشی از مصرف این نوع ژلان با درجه آسیلاسیون کم، در محصول مربوط می شود (۲۷).

### بهینه سازی نتایج

با استفاده از تکنیک بهینه سازی نرم افزار دیزاین اکسپرت و مشخص نمودن اهداف نهایی مورد نظر در چاشنی مغذی، تیمار بهینه معرفی شد. بدین منظور فاکتورهای میزان فعالیت آنتی اکسیدانی و فلاونوئیدها حداکثر، میزان ناپایداری فیزیکی حداقل انتخاب گردید. این پارامترها براساس اهداف

این پژوهش با نتایج تحقیقات Udomsup و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۳۰). این محققین نشان دادند که استفاده از صمغ زانتان باعث کاهش میزان رسوب و پایداری بیشتر در نمونه های آب از به می گردد. همچنین Liang و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان، ژلان و کربوکسی متیل سلولز را بر میزان رسوب ذرات در آب هویج بررسی کردند و کاهش میزان رسوب را در نمونه های آب هویج گزارش کردند (۳۱).

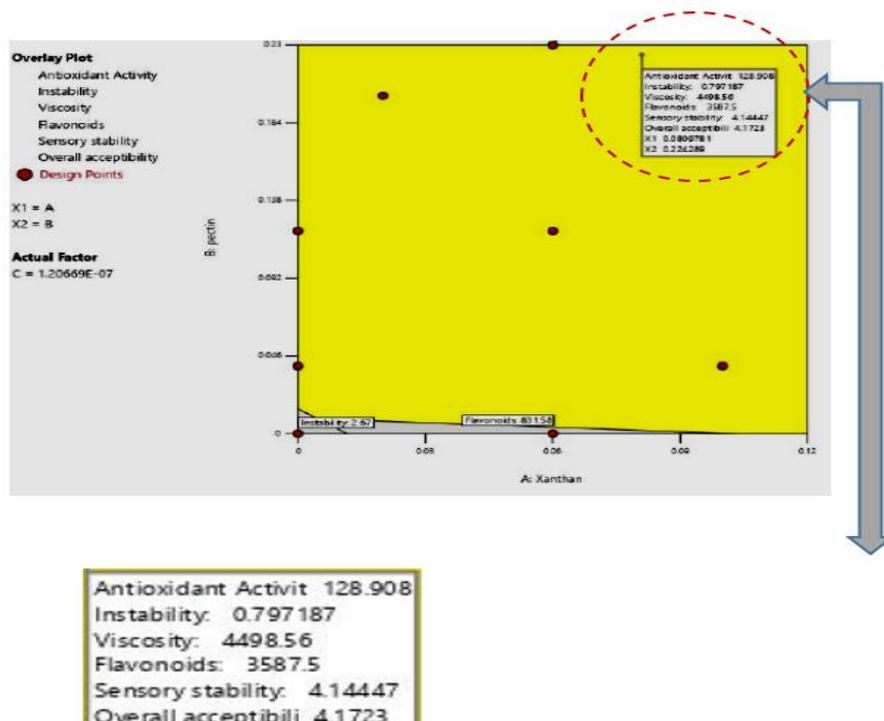
صمغ زانتان که از تخمیر هوزی توسط زان تاموس کامپیرتیس تولید می شود، به دلیل وزن مولکولی بالا  $2 \times 10^6 - 2 \times 10^7$ ، خصوصیات سودوپلاستیکی و غلظت دهندگی عالی و پایداری مطلوب در برابر حرارت؛ اسید و قلیا کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد (۳۲). تاکنون استفاده از مخلوط هیدروکلوئیدها در محصولات غذایی مختلف نظیر سس کچاپ، ماست و یا دوغ مورد بررسی قرار گرفته و معمولاً این امر منجر به بهبود خصوصیات رئولوژیکی و افزایش ویسکوزیته محصول شده است (۳۳-۳۵، ۱۷). هیدروکلوئیدها در محلولها یا در اثر افزایش گرانیوی ظاهری فرآورده یا در اثر برهم کنشهای کلوئیدی، سبب پایداری ترکیبات می شوند (۷) از سوی دیگر افزایش ویسکوزیته ظاهری در نتیجه مصرف سطوح بالاتر صمغ، می تواند به دلیل تشکیل شبکه و ساختار قوی تر باشد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت اتصال به آب سبب کاهش جریان پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می شوند (۳۶).

ابراهیم و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر هیدروکلوئیدهای نظیر گوار، زانتان و کربوکسی متیل سلولز را بر خصوصیات فیزیکی و حسی ماست مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها، سبب افزایش معنی دار ویسکوزیته محصولات می گردد (۷). عباسی و رحیمی (۱۳۸۴). تأثیر غلظت، دما و سرعت چرخش را روی رفتار جریان صمغ کتیرای ایرانی مورد بررسی قرار دادند. در کلیه تیمارها افزایش غلظت صمغ، سبب افزایش میزان ویسکوزیته ظاهری گردید (۳۶). نکته حائز اهمیت این است که در محصولات غذایی مختلف، علاوه بر هیدروکلوئیدهای اضافه شده، در فرمولاسیون محصول برخی از بیوپلیمرهای اصلی نظیر پروتئینها و یا کربوهیدراتهای سازنده محصول نیز وجود دارند و معمولاً برهمکنش اصلی بین یکی از هیدروکلوئیدها با ترکیبات پلیمری اصلی سازنده محصول صورت می گیرد. در حالی که در تحقیق حاضر محیط آبی چاشنی مغذی تولیدی تنها متشکل از هیدروکلوئیدهای افزوده شده است و بدین ترتیب برهمکنش واقعی بین آنها قابل مشاهده است. Caballero و همکاران

فلاونوئید ppm $3587/640$ ؛ امتیاز ثبات حسی  $4/145$  و پذیرش کلی  $4/172$  می باشد (شکل ۲).

در این تحقیق تلاش شد با استخراج ترکیبات پکتینی از پسماند کارخانجات تولیدکننده آلبیمو و افزودن آن همراه با هیدرکلوئید زانتان به فرمولاسیون عصاره لیموترش، چاشنی مغذی دارای ترکیبات مغذی ماده اولیه و با ارزش غذایی و پایداری فیزیکی مطلوب تولید گردد. هیدروکلوئید ژلان در کنار پکتین و زانتان بر کلیه خصوصیات مورد ارزیابی تأثیر منفی نشان داد و به همین دلیل از فرمولاسیون بهینه حذف گردید. بدین ترتیب محصولی با کیفیت یکنواخت و نیز خواص سلامتی بخش تولید شد که در فرآوری محصولات مختلف از جمله در نوشابه‌های مغذی نظیر لیموناد و در فرمولاسیون برخی انواع سس قابل استفاده می باشد. همچنین با پیشنهاد تولید این محصول مغذی، ضمن استفاده کارآمد و سودآور از ضایعات کارخانجات تولیدکننده آلبیمو، گامی مؤثر در جهت کاهش آلودگی محیط زیست برداشته می شود.

اصلی این تحقیق، در مرحله بهینه سازی در اولویت قرار داده شده‌اند. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقادیر ترکیبات فلاونوئیدی از نقطه نظر ارزش غذایی چاشنی تولیدی حائز اهمیت است و پایداری فیزیکی از لحاظ مقبولیت آن در طی نگهداری و مصرف آن مهم می باشد. میزان ویسکوزیته ظاهری چاشنی مغذی نیز از خصوصیات مهم چاشنی مغذی محسوب می شود و براساس نتایج جدول ۱، در محدوده  $2004$  الی  $4584$  پاسکال ثانیه تغییر کرده است. از آنجایی که محصولی به سیار روان و یا بسیار ویسکوز از نظر قابلیت مصرف چندان مطلوب نیست، در ارزیابی و تعیین نمونه بهینه پارامتر ویسکوزیته ظاهری در محدوده موجود مدنظر قرار گرفت. بدین ترتیب تیمار حاوی  $0/081$  درصد زانتان؛  $0/224$  درصد پکتین و  $0/00$  درصد ژلان با میزان مطلوبیت شرایط بهینه آن  $88$  درصد به عنوان تیمار بهینه پیشنهاد گردید. در این تیمار میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی  $128/912$  درصد، رسوب  $0/797$  درصد، ویسکوزیته  $4498/685$  پاسکال ثانیه و مقدار



شکل ۲. نمودار کانتور تیمار بهینه

## • References

- Schroder, H. Protective mechanism of the Mediterranean diet in obesity and type 2 diabetes. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2007; 18(1): 149–160.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO STAT), Citrus fruit fresh and processed annual statistics. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome. 2016.
- Suri, Sh. Singh, A. Nema, P. K. Current application of citrus fruit processing waste: A scientific outlook. *Journal of Applied Food Research*, 2 (2022) 100050.
- Ghannadi S, Movahhed S, Ahmadi Chenarbon H. Effect of xanthan gum and pectin on stability of suspension orange juice with pulp. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 2018; No. 80, Vol. 15; [in Persian].
- Tholstrup Sejersen, M., Salomonsen, T., and Ipsen, R. 2007. Zeta potential of pectinstabilised casein aggregates in acidified milk drinks. *International Dairy Journal*, 17: 302–307.
- Jensen, S., Rolin, C., and Ipsen, R. 2009. Stabilisation of acidified skimmed milk with HM pectin. *Food Hydrocolloids*, 17: 505- 525.
- Ibrahim, G. E. Hassan, I. M. Abderashid, A. M. Elmaary, K. F. and Ehghorab, A. H. Effect of clouding agents on the quality of apple juice during storage. *Food Hydrocolloids*, 2011; 25: 91-97.[in Persian]
- Bocco, A. Cuvelier, M. E. Richard, H. and Berset, C. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Citrus Peel and Seed Extracts, *Journal of Agricultural & Food Chemistry*. 1998; 46(6), 2123-2129.
- Su, D. Zhang, R. Hou, F. Zhang, M. Guo, J. Huang, F. et al. Comparison of the free and bound phenolic profiles and cellular antioxidant activities of litchi pulp extracts from different solvents, *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*. 2014; 14(9), 1-10.
- Codex Alimentarius, Codex General Standard for fruit juices and nectars (CODEX STAN 247-2005).
- Yilmaz, E. and Guneser, B. A. Cold pressed versus solvent extracted lemon (Citrus lemon L.) seed oils: yield and properties. *Journal of Food Science and Technology*, 2017; 54(7), 1891-1900.
- Benavente O, Castillo J, Man' FR, Ortun A, Del Rı JA. Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of agriculture and Food Chemistry*, 1997; 45: 4505–4515.
- Yousefi S, Emam-Djomeh Z, Mousavi SMA, Askari GR. Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate. *Journal of Food Bioprocess Technology* 2012; 5(4), 1328-1339; [in persian].
- Bagde, PP., Dhenge, S. and Bhivgade, S.. Extraction of Pectin from orange peel and lemon peel, *International Journal Of Engineering Technology Sciences and Research*, 2017; 2394-3386.
- Diem Do Q, Elisa Angkawijaya A, Lan Tran-Nguyen P, Huong Huynh L, Edi Soetaredjo F, Ismadji S. et al. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of limnophila aromatic, *Journal of Food & Drug Analysis*, 2014; 22, 296-302.
- Abedi F, Sani AM, Karajhian H, Salehi E. Evaluation of the specificity of cooperation between pectin and carboxymethylcellulose in raspberry milk-water drink. *Innovation in Food science and Tecnology*, 2012; 1(7), 1-10. [in Persian]
- Vijayalaxmi H, Mousavi ME, Razavi H, Morris ER. Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink. *Journal of Food Hydrocolloids*, 2010; 24 (2010) 744-754.
- Hsieh Ch-Y, Hsieh Sh-L, Ciou J-Y, Huang Y-W, Leang J-Y, et al. Lemon juice bioactivity in vitro increased with lactic acid fermentation. *International Journal of Food Properties*, 2020, 24( 1), 28–40
- Doroud M, Daneshi M, Nateghi R. The effect of storage temperatures on physicochemical, microbial and Sensory properties of lime juice. *Journal of Food Engineering Research*; 2019; Vol.18. No. 67. P:15-28. [in Persian]
- Movahednejhad M, Khoshtaghaza M, Abasi S. The effect of different dehydration treatments on some quality characteristics of unprocessed Jahromi lemon juice. *Journal of Iranian Biosystem Engineering*; 2011; 1(42). 87-93. [in Persian]
- Xiong X, Li M, Xie J, Jin Q, Xue B, Sun T. Antioxidant activity of xanthan oligosaccharides prepared by different degradation methods, *Journal of Carbohydrate Polymers.*, 2013; 92(2013) 1166-1171.
- Patel J, Maji B, Moorthy NHN, Maiti S. Xanthan gum derivatives: review of synthesis, properties and diverse applications. *The Royal Society Of Chemistry*, 2020; 10, 27103-27136.
- Ro J, Kim Y, Kim H, Jang SB, Lee H J, Chakma S, et al. Anti-Oxidative Activity of Pectin and Its Stabilizing Effect on Retinyl Palmitate. *Journal of Korean J Physiol Pharmacol*, 2013; 17:197-201.
- Smirnov VV, Golovchenko VV, Vityazev FV, Patova OA, Selivanov NY, Selivanova OG, et al. The antioxidant properties of pectin fractions isolated from vegetables using a simulated gastric fluid. *Journal of Chemistr*, 2017; 10.1155.
- Trommer H, Neubert RH. The examination of polysaccharides as potential antioxidative compounds for topical administration using a lipid model system. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2005; 298 (2005) 153-163.
- Baawad A, Rice C, Hamil T, Murphy K, Park J, Kim DS. Molecular weight effects of low acyl gellan gum on antioxidant capacity and rheological properties. *Journal of Food Science*, 2021; 2021; 1-13.
- Leal AR, Holanda LEO, Soares FC M, Costa J N, Nascimento L G L, Carmo JS, et al. Effect of gellan gum concentration on the physicochemical, rheological and sensory properties of acerola smoothie. *Journal of Food Science and Technology*, 2021; 0101-2061.
- Mobhammer MR, Stintzing FC, Carle R. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear, *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies.*, 2006; 7(4), 275-287.
- Al-Zubaidy MM, Khalil RA. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and

- concentrate local lemon juice during storage. *Journal of Food Chemistry*, 2007; 101(1), 254-259.
30. Udomsup T, Therdtai N, Harnsilawat T. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose concentration on quality of cloudy mangosteen juice. *Proceedings of the Kesetsart university annual conference*, 2011;7:43-50.
  31. Liang, Ch. Hu, X. Wu, J. Chen, F. and Liao, X. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. *Journal of Food Hydrocolloids*, 2006; 20: 1190-1197.
  32. Hu, X. Wang, K. Miao, Y., He, P. Qiao, H. Zhang, H. et al. Characterization and Antioxidant Activity of a Low-Molecular-Weight Xanthan Gum. *Journal of Biomolecules*, 2019;9(11):730
  33. Gujral, H. S. Sharma, A. and Singh, N. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. *Journal of Food Properties*, 2002; 5(1), 179-191.
  34. Mofid V, Mousavi M, Emam-Djomeh Z, Razavi SH, Gharibzahedi SM, Jahanbakhs, F. Studying the interaction of xanthan gum and pectin with some functional carbohydrates on the rheological attributes of a low-fat spread. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 2014; 37:8,1106-1113.[in Persian]
  35. Zhang, N. Li, X. Ye, J. Yang, Y. Huang, Y. Zhang, X. et al. Effect of gellan gum and xanthan gum synergistic interactions and plasticizers on physical properties of plant-based enteric polymer films. *Polymers*, 2020;12, 121.
  36. Abbasi S, Rahimi S. Influence of concentration, temperature, pH, and rotational speed on the flow behavior of Iranian gum (Katira) solution. *Journal of Food Science and Technology*, 2006;2(4): 29-42.[in Persian]
  37. Caballero M C, Fragoso A, Lopez A N, Chanes J, Verado V, Paz H. Rheological parameters of xanthan gum/pectin solutions as a function of temperature and composition. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, 2016; 3:859-868.
  38. Anonymous. Citrus fruit. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2001.
  39. Ayora-Talavera T, Ramos-Chan CA, Covarrubias-Cardenas A, Sanchez-Contreras A, Garcia-Cruz U, Pacheco N. Evaluation of pectin extraction conditions and polyphenol profile from citrus x lantifolia waste: Potential application as functional ingredients. *Journal Agricultural Science*, 2017;7(3),28

## Optimization of a Nutritious Liquid Seasoning Based on Lemon Extract and Phenolic Compounds of Lemon Waste, Including Gellan, Xanthan and Pectin Hydrocolloids

Abedizadeh Neyestanak S<sup>1</sup>, Mizani M<sup>2\*</sup>, Alimi M<sup>3</sup>

1-M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Food Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- \*Corresponding author: Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Food Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: m.mizani@srbiau.ac.ir

3-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Food Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

Received 6 Mar, 2022

Accepted 25 Jun, 2022

**Background and Objectives:** The objectives of this study were to produce a nutritious stable condiment with uniform quality based on lime juice that could improve the quality of commercial lime juices in food products and investigate independent effects and interactions of hydrocolloids on the final product.

**Materials & Methods:** Novel formulations were developed by adding two types of gums, including gellan gum (0–0.1%), xanthan (0–0.1%) with pectin (0–0.2%) and phenolic compounds (constant) extracted from lime pulp wastes to the emulsion part of the final product. Seventeen combined treatments were reported by *central composite rotatable* design and physicochemical characteristics (flavonoids, antioxidant activity, viscosity, physical instability) and sensory characteristics (stability and general acceptability) have been analyzed.

**Results:** Independent effects of the three hydrocolloids on the level of antioxidant activity were verified as the most significant coefficient in the final model belonged to pectin. All the three gums showed negative independent effects on the level of physical instability and no interactions were seen. The 2F1 statistical model was suggested for the viscosity parameter. Thus, each additive positively affected viscosity and negative interactions between pectin and gellan were verified. Moreover, sensory analysis data showed that by increasing the quantity of gellan, the degree of stability and overall acceptance of the product decreased, significantly.

**Conclusion:** Due to the negative interactions between gellan and pectin and its adverse effects on the sensory characteristics, the current statistically optimal formulation was developed and suggested without gellan, containing xanthan and pectin with maximum desirability.

**Keywords:** Nutritious liquid seasoning, Pectin, Gellan, Xanthan, Lemon waste