مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۹۳-۸۱

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

سارا عابدی زاده نیستانک[۱]، مریم میزانی[۲]، مزدک علیمی[۳]

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 آملی، 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 برپایه عصاره لیموترش که درجهت ارتقای کیفیت آبلیمو 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 (مقدارثابت) استخراج شده از تفاله لیموترش به بخش امولسیونی محصول نهایی تولید شد. هفده تیمار تلفیقی به روش آماری مرکب مرکزی چرخش پذیر، طراحی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (میزان فلاوونوئیدها، فعالیت ضد اکسایشی، گرانروی ظاهری، ناپایداری فیزیکی و ویژگی‌های حسی (ثبات و پذیرش کلی) نمونه‌ها ارزیابی گردید.

یافته‌ها: اثرات مستقل هر سه نوع هیدروکلوئید برمیزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی محصول و تأثیر پکتین با مضرب بزرگتری در مدل نهایی مشاهده شد. هر سه نوع صمغ تأثیر مستقل معنی‌داری برکاهش میزان ناپایداری فیزیکی نشان دادند و اثر متقابلی مشاهده نگردید. در بررسی فاکتور ویسکوزیته مدل آماری 2Fl پیشنهاد شد و بدین ترتیب اثرات مستقل مثبت هر سه افزودنی و اثر متقابل منفی بین پکتین و ژلان بر این فاکتور معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود. از سوی دیگر در نتایج ارزیابی حسی، با افزایش درصد ژلان، کاهش معنی‌داری درمیزان ثبات و پذیرش کلی محصول مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به دلیل برهمکنش منفی ژلان با پکتین و تأثیرات نامطلوب آن بر ویژگی‌های حسی محصول نهاییِ، 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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

• مقدمه

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 بیماری هایی 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 که ارزش اقتصادی بالایی دارد. ایران رتبه نهم تولید (۴۵۷۲۷۰ تن) لایم و لمون با ۲۹۰۱۵ هکتار سطح زیر کشت را در بین کشورهای تولیدکننده دنیا دارد (۲). معمولا خواص ارزشمند مرکبات به محتوی ویتامین ث آنها نسبت داده می‌شود، اما اخیرا نقش مهم فلاونوئید ها 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

پوســـت و بافت لیمو حاوی ترکیباتی نظیر لیمونین ۱-آلفا-پینن (Limonene-1-α-pinen) (۷۰-۶۰ درصد)، ۲گاما ترپینن (2-γ-terpinene) (۱۸-۹ در صد) و ترکیبات اک سیژنه (۳/۳ — ۶/۲درصد) است که ویژگی‌های چند گانه ای 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 محصـــولات مایع برپایه میوه لیمو می‌باشد که براساس استاندارد کدکس یک محصول غیر تخمیری که از اســتخراج عصــاره لیمو از میوه آن به روش مکانیکی تولید می‌گردد (۱۰). معمولاً حدود ۴۸ الی٪۵۰ از میوه لیمو پس از استخراج بصورت 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 آسکوربیک در آب لیمو یافت می شوند (۱۲). تاکنون استفاده کارآمدی از این بخش ضایعات باقیمانده از صنعت تولید آبلیمو بعمل نیامده اســت. در حالی که همانطور که اشــاره شــد این تفاله حاوی ترکیبات مغذی و زیست فعال می‌باشد وبکارگیری آن در فرمولاســیون‌های غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت ارتقای کیفی محصولات غذایی محسوب شود وضمنا از آلودگی محیط زیســت ناشــی از دورریز آن جلوگیری می‌گردد. لازم به ذکر است که ضایعات ناشی از فرآوری مرکبات در دنیا بالغ بر ۱۰ میلیون تن در ســال گزارش شــده که می‌تواند مشــکلات اقتصــادی و محیط زیســتی جدی به بار بیاورد (۳). امروزه آبلیموهــای صــنعتی موجود در بــازار بــه لحــاظ کیفی بــا یکدیگرتفاوت دارند که علت به اســتفاده از مقادیر مختلف آبلیمو و یا کنسانتره آن در فرمولاسیون است. در نتیجه ارزش غذایی و کیفی آبلیموهای صــنعتی و ناپایداری فیزیکی آن کاهش می‌یابد که این موضــوع یکی دیگر از مشــکلاتی اســت تولیدکنندگان صنعتی این محصول با آن روبه رو هستند. یکی از افزودنی هایی که در بهبود پایداری فیزیکی محصولات مایع مؤثر می‌باشــند، صــمغ‌ها هســتند که از دوفاز شــدن محصــول جلوگیری می‌کنند. درســال ۱۹۹۷ قنادی و همکاران، تأثیر افزودن پکتین (۰/۲ و ۰/۳درصــد) و صــمغ زانتان (۰/۱ و ۰/۲ درصد) بر پایداری آب پرتقال پالپ دار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشــان داد که تیمار شــاهد از کمترین و تیمار حاوی ۰/۲درصــد زانتان، از بیشــترین میزان کدورت، گرانروی و pH برخوردار بودند. همچنین از لحاظ ویژگی های حســی طعم، رنگ، یکنواختی، عطر و بو، تیمار حاوی ۰/۲ درصــد پکتین، بالاترین امتیاز را کسب نمود. به علاوه میزان تعلیق ذرات پالپ در تیمار حاوی ۰/۲ درصــد زانتان، در بهترین وضــعیت قرار داشــت در حالی که در تیمار شــاهد بیشــترین میزان رســوب مشــاهده شــد (۴). Tholstrup Sejersen و همکاران در سال۲۰۰۷، تأثیر افزودن پکتین با درجه متوکسیلاسیون زیاد در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ در صد را در نوشیدنی اسیدی شــیر بررســی 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 توصــیه کردند (۶، ۵). ابراهیم و همکاران در ســال ۲۰۱۱ از افزودن پکتین، کربوکسی متیل سلولز و تفاله فنولی سیب در سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵در 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 شــاهد به ســرعت کاهش پیدا کرد در حالی که نمونه‌های حاوی هیدروکلوئیدها در مقایســه با آب میوه تازه پایدار باقی ماندند. همچنین نگهداری در دمای ۴ درجه ســانتی‌گراد در حفظ پایداری حالت ابری آب میوه، نســبت 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 آنتی اکســیدانی محصــول با بهره گیری از تفاله باقیمانده از فرایند آبگیری لیموترش

۳-بهبودپایداری فیزیکی محصــول نهایی با اســتفاده 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 نیتریت ۵٪، آلومینیوم کلرید ۱۰٪، استات سدیم، کوئرستین، سدیم هیدروکسید (+)-کاتچین از شرکت مرک آلمان، اسید گالیک، ۲،۲دی فنیل-۱پیکریل هیدرازیل (DPPH) از شرکت سیگما آلمان، صمغ ژلان (GESOLGEL® LA: Low acyl) از شرکت هانژو ژلان چین، صمغ زانتان از شرکت فوفنگ 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 جمع آوری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

و توسط آبمیوه گیری دستی؛آبگیری وتفاله حاصله شامل بخشهای هسته و پوست و پالپ میوه با کمک در آون تحت خلا آزمایشگاهی(WiseVen Oven, WOV-20) در دمای ۴۰ درجه سانتی گرادو به مدت ۲۴ساعت 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 ۱:۲ w/v 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 دوردر دقیقه، ۵ دقیقه، ۴ درجه سانتی‌گراد). رسوب حاصله با ۳۰۰ میلی لیتر از آب مقطرمجددا 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 خلاء (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 ۱۲۰میلی لیتر مخلوط اسید سولفوریک۹۸٪ ومتانول با نسبت (۱۰:۹۰ حجمی/حجمی) در دمای۸۵ درجه سانتیگراد در بن ماری شیکردار برای مدت۲۰ 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 سانتی گراد، 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٪) در محفظه زیر سیکلون جمع آوری شده و بلافاصله به دسیکاتور جهت نگهداری تا زمان انجام آزمایشات بعدی منتقل شد (۱۳).

سنجش مقدارکل ترکیبات فنولی

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

نمونه با غلظت ۱۰ میلی‌گرم 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 میلی‌لیتر 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 فلاونوییدی با استفاده ازروش طیف سنجی در طول موج ۵۱۰ نانومتر و ترکیب Catechin-(+) به عنوان استاندارد با کمک فرمول زیرارزیابی گردید (۹).

$$\text{مقدار کل ترکیبات فلاونوئیدی} = \frac{(\pm)Catechin\ (mg)}{\text{۱۰۰}gr\ \text{پسماند لیموترش}}$$

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 مرحله ای با آب زدوده شد .صد گرم از نمونه راهمراه با ۵۰۰ میلی لیترآب مقطر درون بشر ریخته و به این مخلوط ۲/۵میلی لیتر اسید کلریدریک ۳۷ درصد افزوده شد تا pH به۲/۲ برسد. سپس به مدت ۴۵ دقیقه جوشانیده و سوسپانسیون حاصله توسط کاغذ صافی صاف و بخش باقیمانده روی کاغذ صافی با۲۵۰ 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 به۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول خنک شده افزوده، همزده و بصورت راکد نگه داشته شد تا ذرات پکتین روی سطح شناور شود. بخش ژله ای پکتین که بصورت لخته شده جدا شد. پکتین صاف شده به آرامی فشار داده شد تا حلال اضافی آن خارج شد ه 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 آبلیموی صنعتی بترتیب زیر آماده گردید:

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

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)، ۰/۰۲۷درصد متابی سولفیت سدیم ، ۳/۳۷ درصد از گرانول‌های استر گلیسرولی صمغ روزین با نام تجاری (SUGUM 101) تولیدی شرکت (Sood Paper & Allied Chemicals, India)، ۰/۹۰۱درصد 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 ۰/۰۱درصد 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)، (۰/۲-۰ درصد)، (۰/۱-۰ 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 رادیکا لهای آزاد (DPPH) و بررسی میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر گزارش شد (۱۵).

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(Ac - As)}{Ac} \times ۱۰۰$$

که در این رابطه Ac وAs 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 دور۲۵۰۰ rpm وزمان ۱۰ دقیقه سانتریفوژ ودرصد رسوب از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۱۶).

$$\text{مقدار رسوب (\%)} = ۱۰۰ \times (\text{ارتفاع لایه فوقانی} - \text{ارتفاع کل})$$

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 فلاونوئید ی نمونه‌ها با استفاده از روش Vijayalaxmi و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی شد(۱۷). از کوئرستین به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالبیراسیون استفاده شد (۱۷). روش کار مشابه توضیحات فوق الذکر بوده با این تفاوت که در سنجش ترکیبات فلاوونوئیدی در محصولات برپایه عصاره لیمو از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شده و میزان فلاونوئید بر اساس میزان میلی‌گرم 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 وبه 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 صمغ زانتان، پکتین، ژلان در سه سطح به ترتیب (۰/۱-۰ درصد)، (۰/۲-۰ درصد)، (۰/۱-۰ درصد) طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفت. 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.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

• 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 آنتی اکسیدانی، درصد رسوب، ویسکوزیته، فلاونوئیدها، ارزیابی حسی (پایداری فیزیکی) و پذیرش کلی چاشنی مغذی در جدول ۱ آورده شده ونحوه تأثیر هریک 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 پیشنهاد گردیده است:

=فعالیت آنتی اکسیدانی
۶۰/۴۴۳ +۵۰/۱۴۸A+۲۸۷/۱۶۲B+۴۸/۷۵۸C

=ناپایداری فیزیکی ۲/۷۵۸-۷/۶۴۲A-۵/۹۸۵B-۴/۶۶۵C

=ویسکوزیته ظاهری
۲۴۳۷/۷۲۸+۸۳۷۴/۸۵۷A+۶۷۳۸/۱۴۴B+۱۳۸۳۵/۹۲۹C-
۷۰۷۵/۹۷۶AB+۵۵۲۹/۵۶۳AC-۵۹۳۴۵/۵۳۳BC

=مقدارکل ترکیبات فلاونوئیدی
۷۱۷/۸۵۴+۱۱۰۲/۸۱۴A+۱۲۳۹۶/۸۴۸B+۲۰۷۶/۷۷۸C

=پایداری (ارزیابی حسی) ۳/۴۸۷+۲/۱۹۷A+۲/۱۳۵B-۷/۲۰۹C

=پذیرش کلی ۲/۹۷۸+۴۱/۶۹۵A+۱۳/۶۱۴B-۱۴/۴۷۵C-۵۴/۵۱۷AB-
۵۴/۰۲۴AC+۵۴/۸۰۰BC-۲۵۳/۸۶۹A²-۵۱/۳۱۲B²+۲۰/۵۰۴C²

میزان فعالیت آنتی اکسیدانی توسط مدل خطی شماره ۱ قابل بررسی است. دراین مدل اثر مستقل معنی‌دار ($p<۰/۰۰۰۱$) با $R^2=۰/۸۵۷۲$) هرسه 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 ($p<۰/۰۱$) تأثیر داشت (جدول ۲).

جدول۱. فرمولاسیون نمونه‌های مختلف طراحی شده چاشنی مغذی با مقادیر مختلف اززانتان، 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±۴	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±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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

میزان ناپایداری فیزیکی نمونه‌ها توسط مدل خطی شماره ۲ قابل بررسی است. این مدل با $p<۰/۰۰۰۱$ و $R^2=۰/۹۱۶۵$ معنی‌دار است. ضرایب منفی زانتان، پکتین و ژلان حاکی از اثرات مستقل منفی هرسه ترکیب بر میزان ناپایداری فیزیکی و دو فاز شدن نمونه چاشنی مغذی و تأثیر مثبت آنها برکاهش میزان رسوب بود (جدول ۲). نتایج آنالیز آماری در تحقیق حاضر نشان داد که اثرات مستقل زانتان و پکتین و ژلان برمیزان ناپایداری محصول نهایی ($P<۰/۰۱$) معنی‌داری بود (جدول ۲).

میزان ویسکوزیته ظاهری توسط مدل خطی شماره ۳ قابل برر سی ا ست. این مدل با $p<۰/۰۰۰۱$ و $R^2=$ ۰/۹۸۰۰ 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. درحالی که اثرم ستقل هرعامل بر افزایش ویسکوزیته م شهود و قابل پیش بینی بود ولی نتایج آنالیز آماری نشان داد که اثرات متقابل ژلان-پکتین بر این پارامتر به طور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) تأثیر داشت (جدول ۲) که دلایل آن در قسمت بحث بررسی گردیده است.

براساس نتایج بدست آمده است از اندازه گیری میزان فلاونوئیدها در چاشنی مغذی مدل خطی شماره ۴ جهت بررسی اثرات مستقل هر یک از ترکیبات براین خصوصیت پیشنهاد داده شد و براساس این مدل اثرات متقابل م شاهده نگردید. جدول ۲ نشان می‌دهد که ازمیان 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 شماره ۶ قابل بررسی است. این مدل‌ها معنی‌دار ($p<۰/۰۰۰۱$) بود و به ترتیب با $R^2=۰/۵۴۰۱$ با سطح پذیرش متوسط و$R^2=۰/۸۹۲۳$ با سطح پذیرش مطلوب، به دست آمد. نکته مهم این ا ست که برا ساس نتایج آنالیز آماری ، اثرات م ستقل زانتان و پکتین بر ویژگی‌های حسی پایداری و پذیرش کلی محصول نهایی معنی‌دار نبود و تنها ژلان بر پایداری محصول به طور معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) تأثیر داشت (جدول ۲).

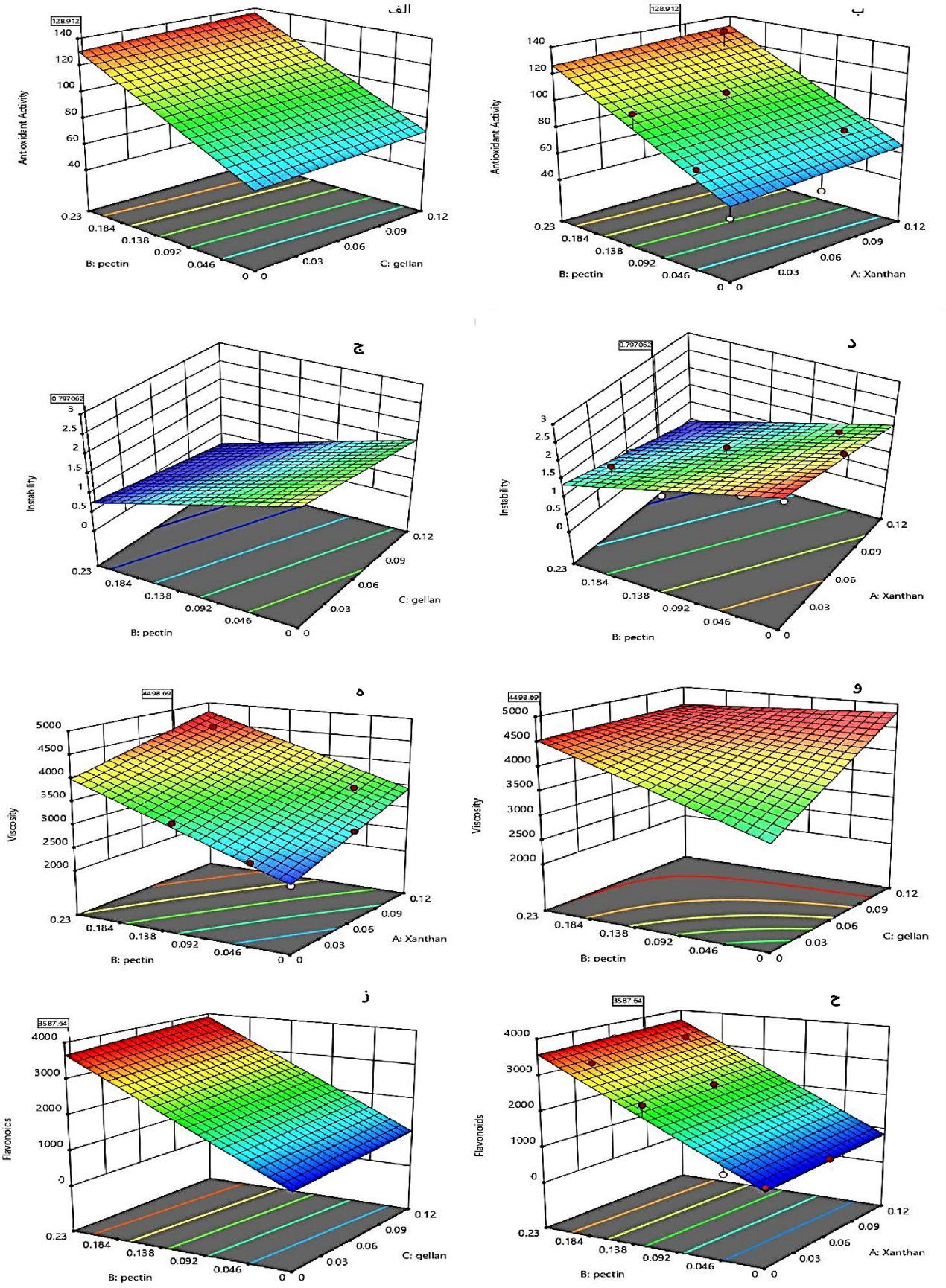
به منظور آنالیز دقیقتر اثرات زانتان،پکتین و ژلان بر کلیه فاکتورهای خروجی نمونه چاشنی نمودار ۱ (الف تا و) قابل بررسی می‌باشد. کمترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه شاهد (۱۳) و نمونه شماره ۴ که تنها حاوی ۰/۰۶ درصد زانتان بود، مشاهده شد (جدول ۱ و شکل ۱ الف و ب). در حالی که بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه شماره ۱۶ فرموله شده با ۰/۲۳ پکتین و ۰/۰۲ ژلان بدست آمد (جدول ۱). اثر م ستقل زانتان، پکتین و ژلان بر در صد ر 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 زان تان، پکتین و ژلان بر میزان فلاونوئ ید ها به ترت یب در نمودارهای ز و ح نمایش داده شد که کمترین میزان فلاونوئیدها به ترتیب در نمونه‌های شاهد ۱۳و ۴ م شاهده شد و بیشترین مقدارآن در نمونه‌های ۷ و ۱۶ به دست آمد. اثر مستقل زانتان، پکتین و ژلان بر میزان ثبات (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.

جدول۲. ضرایب همبستگی زانتان، پکتین و ژلان بامیزان فعالیت آنتی اکسیدانی، مقدار رسوب، ویسکوزیته، فلاونوئیدها و ویژگی‌های حسی محصول

	Intercept	زانتان-A	پکتین-B	ژلان-C	AB	AC	BC	A^2	B^2	C^2
فعالیت آنتی اکسیدانی	+۶۰/۴۴	+۵۰/۱۵	-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	۰/۰۲۶۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۴۳۶	۰/۷۹۶۱	۰/۰۰۵۸			
فلاونوئیدها	-۷۱۷/۸۵	+۱۱۰۲/۸۱	+۱۲۳۹۶/۸۵	+۲۰۷۶/۷۸						
P values		۰/۴۱۵۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۴۵۸						
ارزیابی حسی ثبات	+۳/۴۹	+۲/۲۰	+۲/۱۴	-۷/۲۱						
P values		۰/۳۱۲۱	۰/۰۸۴۳	۰/۰۰۵۰						
پذیرش کلی	+۲/۹۸	+۴۱/۷	+۱۳/۶۱	-۱۴/۴۸	-۵۴/۵۲	-۵۴/۰۲	+۵۴/۸۰	-۲۵۳/۸۷	-۵۱/۳۱	+۲۰/۵۰
P values		۰/۵۶۰۸	۰/۶۳۶۶	۰/۰۶۷۵	۰/۱۳۶۱	۰/۳۸۲۷	۰/۴۰۱۷	۰/۰۰۹۹	۰/۰۳۵۱	۰/۸۱۴۸

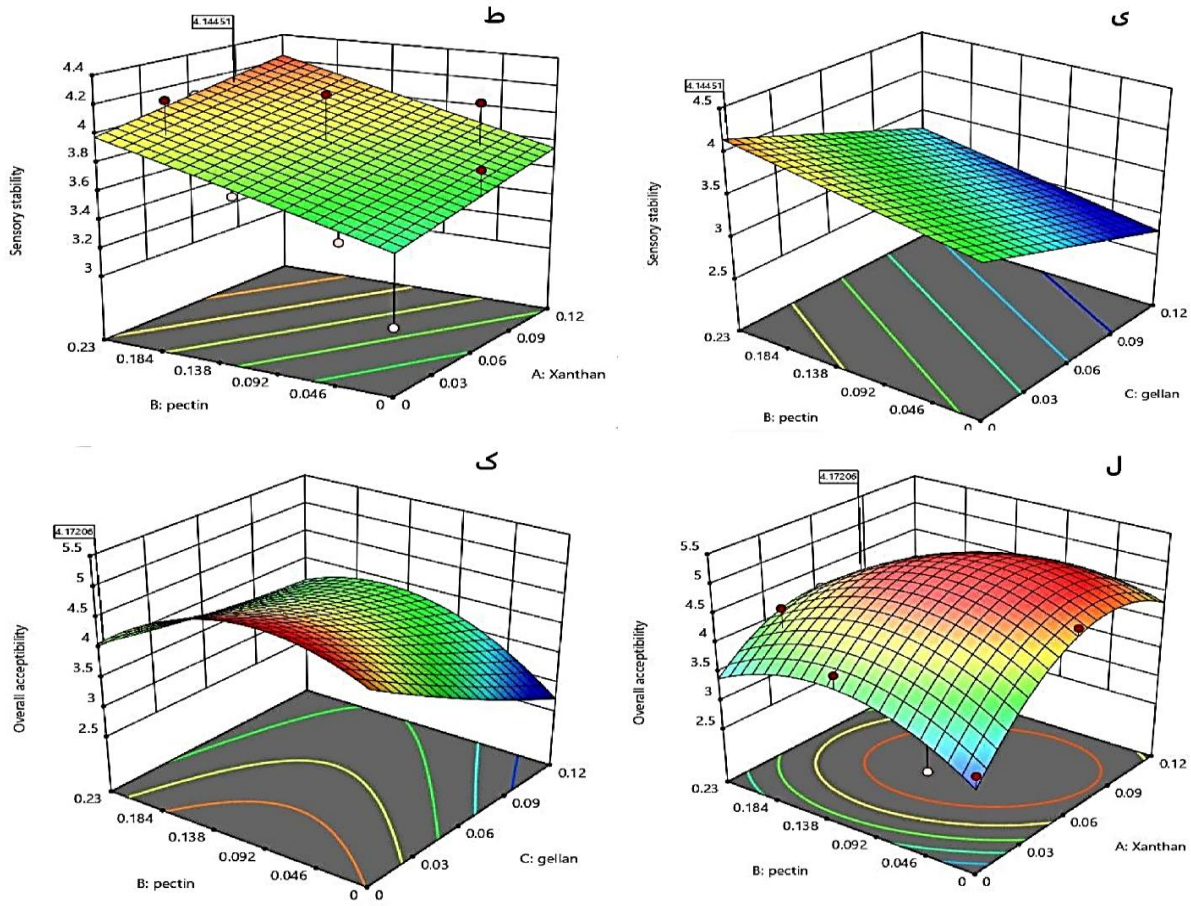
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]



[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]



شکل۱. طرح‌های سه بعدی اثرات پارامترهای (زانتان، پکتین و ژلان) روی فعالیت آنتی اکسیدان (الف،ب)درصد رسوب (ج،د)، ویسکوزیته ظاهری (هو)، فلاونوئیدها(ز،ح)، ارزیابی حسی (پایداری) (ط،ی) و پذیرش کلی (ک،ل)

• بحث

فعالیت آنتی اکسیدانی الیگوساکارید حاصل از تجزیه زانتان در محیط‌های اسیدی و قلیایی در تحقیقات گذشته به اثبات رسیده است(۲۱). این فعالیت آنتی اکسیدانی به افزایش گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل آزاد جهت ترکیب با رادیکالهای آزاد مربوط می شود و از آنجایی که میزان و شدت هیدرولیز زانتان در محیط قلیایی بیشتر از اسیدی است، فعالیت آنتی اکسیدانی قوی‌تری نیز در محیط قلیایی مشاهده می‌شود (۲۲). در تحقیق حاضر، pH چاشنی مغذی تولیدی به طور متوسط ۲/۳بوده 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 گروه های هیدروکسیل دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد(۲۳). بدیهی است این خصوصیت از وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی همراه با پکتین استخراجی نظیر ویتامین ث و پلی فنل ها و همچنین قدرت پکتین به عنوان جاذب رادیکال‌های آزاد نا شی می شود (۲۵، ۲۴). ژلان 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) دردسترس می‌باشد. نوع دوم که کاربرد بیشتری در نوشیدنی‌ها دارد و در تحقیق حاضر نیز بکاربرده شده، خواص آنتی اکسیدانی 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 pH چاشنی مغذی تولیدی تجزیه نشده و فعالیت آنتی اکسیدانی چندانی نیز در مقایسه با پکتین نشان نمی‌دهد (۲۷، ۲۶).

بسیاری از هیدروکلوئیدها به عنوان پایدار کننده عمل می‌کنند. این ترکیبات با افزایش ویسکوزیته و گرانروی 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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

این پژوهش با نتایج تحقیقات Udomsup و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد(۳۰). این محققین نشـــان دادند که اســـتفاده از صـمغ زانتان باعث کاهش میزان رسـوب و پایداری بیشـتر در نمو نه های آب انبه می گردد .همچنین Liang و هم کاران (۲۰۰۶) تأثیر افزودن هیدروکلوئید های گوار، زانتان، ژلان و کربوک سی متیل سلولز را بر میزان ر سوب ذرات در آب هویج برر سی کردند وکاهش میزان ر سوب رادر نمونه‌های آب هویج گزارش کردند (۳۱).

صـــمغ زانتان که از تخمیر هوازی توســـط زانتاموس کامپریتریس تولید می‌شـــود، به دلیل وزن مولکولی بالا Da ۱۰۷× ۲-۱۰۶×۲ ، خصـــوصـــیات ســـودوپلاســـتیکی وغلظت دهندگی عالی و پایداری مطلوب در برابر حرارت؛ ا سید و قلیا کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد (۳۲). تاکنون استفاده از مخلوط هیدروکلوئیدها در محصـــولات غذایی مختلف نظیر سس کچاپ، ماست و یا دوغ مورد بررسی قرارگرفته و معمولاً این امر منجر به بهبود خصـــوصـــیات رئولوژیکی و افزایش ویسکوزیته محصول شده است (۳۵-۳۳، ۱۷). هیدروکلوئیدها در محلول‌ها یا در اثر افزایش گرانروی ظاهری فرآورده یا در اثر برهم کنش‌های کلوئیدی، سبب پایداری ترکیبات می‌شوند (۷) از ســوی دیگر افزایش ویســکوزیته ظاهری در نتیجه مصــرف سطوح بالاتر صمغ، می‌تواند به دلیل تشکیل شبکه و ساختار قوی‌تر باشـــد. این ترکیبات با افزایش ظرفیت اتصـــال به آب ســـبب کاهش جریان پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شـــدن یا همان ویســـکوزیته ظاهری می‌شـــوند (۳۶). ابراهیم و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر هیدروکلوئیدهایی نظیرگوار، زانتان و کربوکسـی متیل سـلولز را بر خصـوصـیات فیزیکی و حسی ماست مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن هیدروکلوئید ها، ســـبب افزایش معنی دار ویسکوزیته محصولات می‌گردد (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 اســـت که در محصـــولات غذایی مختلف، علاوه برهیدروکلوئیدهای اضافه شده، در فرمولاسیون محصـــول برخی ازبیوپلیمرهای اصـــلی نظیر پروتئین‌ها و یا کربوهیدرات‌های ســـازنده محصـــول نیز وجود دارند و معمولاً برهمکنش اصـــلی بین یکی از هیدروکلویید ها با ترکیبات پلیمری اصلی سازنده محصول صورت می‌گیرد. در حالی‌که در تحقیق حاضر محیط آبی چاشنی مغذی تولیدی تنها متشکل از هیدروکلوئیدهای افزوده شده است و بدین ترتیب برهمکنش واقعی بین آنها قابل مشـــاهده اســـت. Caballero و همکاران (۲۰۱۶) ویژگی‌های رئولوژیکی محلول آبی متشکل از زانتان و پکتین را بررسی نمودند و در مدل‌های ارائه شده اثرات متقابل منفی این دو هیدروکلوئید را در محیط اســـیدی بر اندیس قوام محلول نهایی گزارش کردند (۳۷). ایشـــان بر این نکته تاکید کردند که نکته مهم در برهمکنش هیدروکلوئیدها در محیط آبی، رقابت آنها در جذب آب می‌باشـــد که این امر بســـتگی به دانسیته بار سطحی هیدروکلوئید در محیط دارد و از این نظر پکتین قوی تر از زانتان و ژلان قوی تر از پکتین عمل می‌کند. بنـابراین در چنین محیطی بـا pH اســـیـدی هر یـک از هیدروکلوئید ها به تنهایی به خوبی عمل می‌کنند ولی برهمکنش منفی بر میزان ویســـکوزیته محصـــول 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 اثرمتقابل زانتان و ژلان مثبت است. این بدین معنی است دو ترکیبی که بارســـطحی کمتری دارند تداخل کمتری نیز از نظر جذب آب نشـان می‌دهند. نکته حائز اهمیت این اسـت که از میان موارد فوق الذکر تنها اثر متقابل منفی پکتین و ژلان معنی‌دار اســـت که تأثیر نامطلوب حضور ژلان رادر فرمولاسیون این محصول تأیید می‌کند.

فلاونوئیدها ترکیبات بســـیار مهم و ســـلامتی بخشـــی 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 ســـلامت می باشد. تحقیقات گذشته نشان داده که پکتین استخراجی ازپوســـت مرکبات به ویژه لیمو غنی از ترکیبات فلاونووئید ی که عامل بسیاری از خصوصیات سلامتی بخش آن می‌باشد (۳۹).

از نقطه نظر ویژگی‌های حسی هردو مدل حاصله مربوط به پایداری و پذیرش کلی محصـــول، براثر مســـتقل منفی ژلان تاکید می‌کنند. بنظر می‌رسد به دلیل حضور پکتین، ژلان قادر به عملکرد خوبی نمی باشد و اعضا پنل چشایی امتیاز خوبی به ثبات نمونه‌های حاوی ژلان نداده اند . از نظر پذیرش کلی نیز نتیجه مشابهی حاصل شده که این امر احتمالا به طعم اسیدی شدید ناشی از مصرف این نوع ژلان با درجه آسیلاسیون کم، در محصول مربوط می‌شود (۲۷).

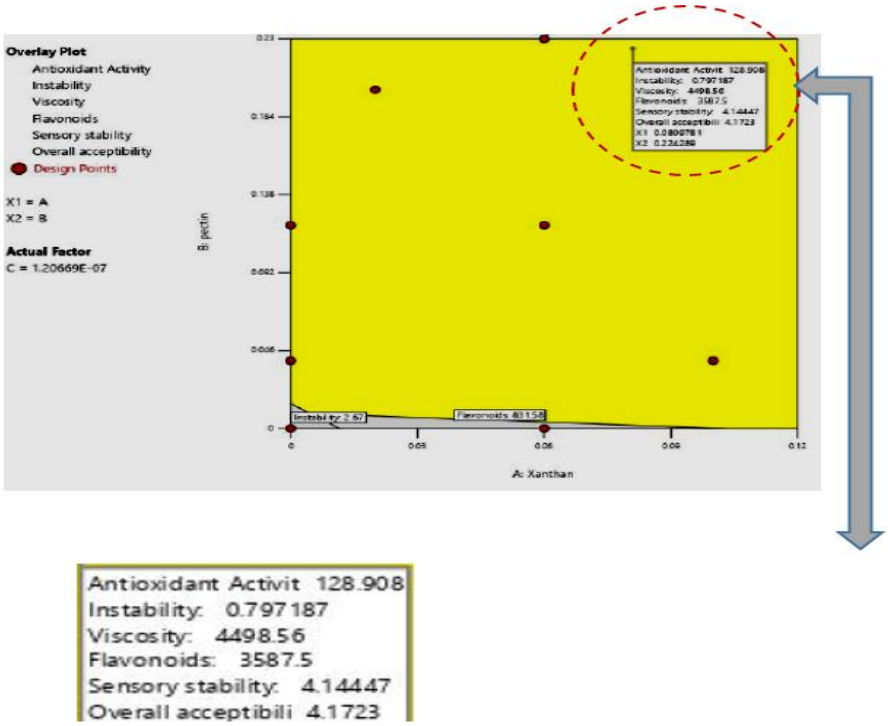
بهینه سازی نتایج

با استفاده از تکنیک بهینه سازی نرم افزار دیزاین اکسپرت و مشـخص نمودن اهداف نهایی مورد نظر در چاشـنی مغذی، تیمار بهینه معرفی شد. بدین منظور فاکتورهای میزان فعالیت آنتی اکســـیدانی و فلاوونوئیدها حداکثر، میزان ناپایداری فیزیکی حداقل انتخاب گردید. این پارامترها براســـاس اهداف

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

اصلی این تحقیق، در مرحله بهینه سازی در اولویت قرارداده شده‌اند. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقادیر ترکیبات فلاوونوئیدی از نقطه نظر ارزش غذایی چاشنی تولیدی حائز اهمیت است و پایداری فیزیکی از لحاظ مقبولیت آن در طی نگهداری و مصرف آن مهم می‌باشد. میزان ویسکوزیته ظاهری چاشنی مغذی نیز از خصوصیات مهم چاشنی مغذی محسوب می‌شود و براساس نتایج جدول۱، در محدوده ۲۰۰۴ الی ۴۵۸۴ پاسکال ثانیه تغییر کرده است. از آنجایی که محصولی بسیار 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 قرارگرفت. بدین ترتیب تیمار حاوی ۰/۰۸۱ درصد زانتان؛ ۰/۲۲۴ درصد پکتین و ۰/۰۰ درصد ژلان با میزان مطلوبیت شرایط بهینه آن ۸۸ درصد به عنوان تیمار بهینه پیشنهاد گردید. دراین تیمار میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۱۲۸/۹۱۲ درصد، رسوب ۰/۷۹۷ درصد، ویسکوزیته ۴۴۹۸/۶۸۵ پاسکال ثانیه و مقدار فلاونوئید ppm۳۵۸۷/۶۴۰؛ امتیاز ثبات حسی ۴/۱۴۵ و پذیرش کلی ۴/۱۷۲ می‌باشد (شکل ۲).

در این تحقیق تلاش شد با استخراج ترکیبات پکتینی از پساند کارخانجات تولیدکننده آبلیمو 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 کنارپکتین و زانتان بر کلیه خصوصیات مورد ارزیابی تأثیر منفی نشان داد و به همین دلیل از فرمولاسیون بهینه حذف گردید. بدین ترتیب محصولی باکیفیت یکنواخت و نیز خواص سلامتی بخش تولید شدکه در فرآوری محصولات مختلف از جمله در نوشابه‌های مغذی نظیر لیموناد و در فرمولاسیون برخی انواع سس قابل استفاده می‌باشد. همچنین با پیشنهاد تولید این محصول مغذی، ضمن استفاده کارآمد و سودآور از ضایعات کارخانجات تولید کننده آبلیمو، گامی مؤثر در جهت کاهش آلودگی محیط زیست برداشته می‌شود.



شکل۲. نمودار کانتور تیمار بهینه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

• References

1.Schro der, H. Protective mechanism of the Mediterranean diet in obesity and type 2 diabetes. Journal of Nutritional Biochemistry, 2007; 18(1): 149–160.

2.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.

3. 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.

4. 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].

5. Tholstrup Sejersen, M., Salomonsen, T., and Ipsen, R. 2007. Zeta potential of pectinstabilised casein aggregates inacidified milk drinks. International Dairy Journal, 17: 302– 307.

6. Jensen, S., Rolin, C., and Ipsen, R. 2009. Stabilisation of acidified skimmed milk with HM pectin. Food Hydrocolloids, 17: 505- 525.

7. 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]

8. 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.

9. 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.

10. Codex Alimentarius, Codex General Standard for fruit juices and nectars (CODEX STAN 247-2005.

11. 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.

12. Benavente O, Castillo J, Marı´ FR, Ortun A, Del Rı JA. Uses and properties of citrus flavonoids. Journal of agriculture and Food Chemistry, 1997; 45: 4505–4515.

13. 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].

14. 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.

15. 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.

16. 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]

17 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.

18. 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

19. 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]

20. 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]

21. 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.

22. 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.

23. 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 Korian J Physiol Pharmacol, 2013; 17:197-201.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. Al-Zubaidy MM, Khalil RA. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

concentrate local lemon juice during storage.Journal of Food Chemistry., 2007; 101(1), 254-259.

30. Udomsup T, Therdthai 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 Biomilecules,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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]

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[1], Mizani M[2], Alimi M[3]*

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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.8.4]