بهینه سازی فرآیند تولید پاستیل فراسودمند از میوه زرشک بی دانه به روش سطح پاسخ

مهدی هراتی فرزقی[1]، اکرم شریفی[2]*، سیدحسین استیری[3]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی ، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، ، سبزوار، ایران
۲-گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
۳- گروه علوم و صنایع غذایی ، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، ، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت : ۹۵/۶/۱ تاریخ پذیرش : ۹۵/۸/۱۹

چکیده

تنقلات بر پایه میوه و سبزی نسبت به سایر محصولات مشابه دارای ویژگی های خوراکی بهتر و ارزش تغذیه ای بالاتری می‌باشند. میوه زرشک دارای ویژگی های تغذیه ای متعددی است که شاخص ترین آن ها میزان ویتامین C و ترکیبات آنتی اکسیدانی آن می باشد. در این پژوهش تولید فراورده ای نوین از زرشک تحت عنوان پاستیل میوه ای بر پایه عصاره زرشک با استفاده از نسبت های مختلف هیدروکلوئیدهای ژلاتین (۶-۴ درصد) و گوار (۱-۳ درصد) به روش آماری سطح پاسخ مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مورد اندازه گیری شامل رطوبت، فعالیت آبی، آنتوسیانین، اسیدیته، ویتامین ث، مولفه های رنگی و خواص حسی محصول نهایی بود. نتایج حاصل حاکی از آن بود که تیمارهای که ژلاتین بیشتری داشتند باعث حفظ بیشتر آنتوسیانین، درصد قند و رطوبت شد و تیمارهای که گوار بیشتری داشتند نیز بر حفظ بیشتر مولفه های a*، b* وآنتوسیانین وهمچنین در اثر متقابل با ژلاتین باعث حفظ بیشتر درصد قند گردید. نقطه بهینه گوار و ژلاتین نیز به ترتیب ۲/۹۶ و۵/۰۶ مشخص گردید. مقدار پارامترهای اندازه گیری شده در نقطه بهینه برای aw = ۰/۶۶۴، آنتوسیانین mg/l ۰/۰۶۳، اسیدیته ۳۴/۱۷، میزان رطوبت ۰۹/ ۱۱درصد، ویتامین ث mg/l ۱۱/۰۴ و و مولفه های رنگی شامل L* وa* وb* به ترتیب معادل ۲۵/۰۲ و ۲۵/۷۱ و ۱۴ بدست آمد.

واژه های کلیدی: زرشک بی دانه، پاستیل، ژلاتین، گوار، فراسودمند

* مسوول مکاتبات : asharifi@qiau.ac.ir

۱- مقدمه

زرشک با نام علمی Berberis Vulgaris گیاهی بومی ایران است و نوع بی دانه آن برای نواحی جنوب خراسان به خصوص قاین و بیرجند شهرتی ایجاد کرده است(۱۴). گونه‌های مختلف مخصوص تولید میوه زرشک نیز شناخته شده و مهمترین آن گونه B. Vulgaris واریته Asperma است. این واریته از نظر پر محصولی و کاشت و پرورش در مقیاس اقتصادی بهترین واریته شناخته شده و مهمترین مشکل آن که در دیگر گونه‌ها هم دیده می‌شود خاردار بودن شاخه‌های آن است که در این خصوص باید اصلاح ژنتیکی صورت گیرد تا گونه‌های بدون خار پرورش یابند تا برداشت به سهولت انجام شود(۱۵). درتمام قسمتهای گیاه زرشک آلکالوئیدهای بربرین، اکسیاکانتین، بربامین وجود دارد. مقدار آلکالوئید در پوست ریشه زرشک بیشتر از قسمت‌های دیگر این گیاه است. میوه زرشک دارای حدود۴ ٪ موادقندی، ۶۵ ٪ اسید مالیک و اسید تارتاریک و مقداری صمغ می‌باشد(۱۴). میوه زرشک بی‌دانه دارای میزان ترکیبات فنلی (۵۸۵/۷۲۵ میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره)، آنتوسیانین (۲۰۸/۳۹۲ میلی گرم در لیتر)، فعالیت آنتی اکسیدانی (۸۴/۲۶۰ درصد) و ویتامین ث (۱۲۹۲/۵۶ میلی گرم در لیتر) است(۱۶). نگاه جهانی به زرشک دردرجه اول یک گیاه دارویی است که دارای پتانسیل استخراج مواد مؤثره است و نگاه دوم یک گیاه زینتی است. هیچ کشوری در دنیا یافت نمی‌شود که به زرشک یک دیدگاه صنعتی کامل داشته باشد اگرچه هندوستان تا حدی نگاه صنعتی دارد. گیاهان دارویی حاوی بربرین، در طی یک دوره هزار ساله در چین و هند نیز به طور عمده به عنوان داروهای ضداسهال مصرف می‌شده‌اند. بعضی پزشکان قدیم ایتالیا، بربرین و پوست ساقه زرشک را در دفع ورم طحال که ناشی از بیماری مالاریا باشد مؤثر می‌دانستند. این ماده چون اثر مفید بر روی سیاهرگها و رفع التهاب آنها دارد، در درمان بواسیر و واریس، نیز مؤثر واقع می‌شود(۱۴). مصرف زرشک به صورت تازه خوری به دلیل مزه ترش آن معمول نیست، با تهیه فراورده های متنوع نظیر مربا، مارمالاد، آبمیوه، نوشابه، پاستیل، سس، ژله از زرشک ضمن جذب تولید مازاد بر مصرف و ایجاد ارزش افزوده، می توان آنها را هم به نام ایران به بازارهای بین المللی معرفی نمود.

از جمله فراورده‌های جدید میوها، پاستیل میوه ای است که ضمن بالا بودن ارزش تغذیه ای به دلیل کاهش فعالیت آب، زمان ماندگاری بالایی دارد و جایگزین پاستیل‌های رایج در بازار که حاوی ژلاتین، اسید، رنگ، اسانس و سایر افزودنی‌های مصنوعی هستند، گردد. پاستیل میوه ای فراورده ای است که پایه اصلی آن پوره میوه، هیدروکلوئیدها و ترکیبات شیرین کننده می باشد. این فراورده را می‌توان از میوه‌های مازاد بر مصرف نیز تهیه نمود. تولید چنین فراورده ای در مقیاس تجاری علاوه بر جلوگیری از ضایعات میوه به دلیل طبیعی بودن وارزش غذایی بالا به ویژه از نظر میزان مواد معدنی، ویتامینها و فیبر، زمان ماندگاری بالا، طعم مطلوب، می‌تواند مورد توجه قشر وسیعی ازجامعه قرار گیرد(۱۱). هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون تنقلات میوه ای برای ایجاد بافت جدید، افزایش پایداری به دلیل قابلیت نگهداری آب، بهبود بافت، تاثیر بر رهاسازی طعم و سایر ویژگی های ساختاری و حسی در فراورده موردنظر مورد استفاده قرار می گیرند (۲۴). صمغ گوار از نظر ساختار شیمیایی نوعی گالاکتومانان[1] بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد می باشد که از آندوسپرم گیاه گوار بدست می آید (۳۱). گالاکتومانان ها مانند صمغ گوار و صمغ لوبیای لوکاست می توانند با تعدادی از پلی ساکاریدها نظیر زانتان، آگار و کاراگینان برهمکنش سینرژیستی، که شامل افزایش ویسکوزیته یا افزایش قدرت تشکیل ژل است، نشان دهند. این نوع رفتار سینرژیستی میان پلی ساکاریدها به لحاظ تجاری دارای ارزش است، زیرا سبب ایجاد بافت های جدید و ساختار مطلوب تری می‌شوند (۲۹). در میان هیدروکلوئیدهایی که امروزه در مواد غذایی به ویژه انواع پاستیل استفاده می‌شوند یکی از بیشترین موارد مصرف مربوط به ژلاتین می‌باشد. ژلاتین یک پلیمر زیستی بسیار مهم است که از استخوان، پوست و غضروف حیوانات تهیه می‌گردد و به طور گسترده به منظور بهبود خاصیت ارتجاعی، ایجاد قوام و ثبات در مواد غذایی استفاده می‌شود. ژلاتین با هیدروکلوئیدهای دیگر متفاوت است زیرا بیشتر آنها پلی ساکارید هستند در حالی که ژلاتین یک پروتیئن قابل هضم و حاوی تمامی اسیدهای آمینه ضروری به جزء تریپتوفان می‌باشد، بنابراین بر اساس قوانین اتحادیه اروپا ژلاتین به عنوان یک ماده غذایی محسوب می‌شود (۱۲). اخیرا پژوهشهایی

[1] Galactomannan

در رابطه با تولید و فرمولاسیون پاستیل‌های میوهای بر پایه پوره میوه‌جات توسط شهیدی و همکاران (۱۳۸۹)، خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) و رضایی و همکاران (۱۳۹۰) صورت پذیرفته است (۴، ۵، ۶ و ۹). آنها از پوره سیب، کدوحلوایی، طالبی و آلو به همراه ترکیبات مختلف هیدروکلوئیدها از جمله نشاسته، پکتین، زانتان و ژلاتین استفاده کرده و بافتی مشابه پاستیل های رایج در بازار که از ۹۰ درصد ژلاتین و شیرین کننده به همراه افزودنی های مصنوعی ساخته می شود تولید نمودند. پاستیل های میوهای تولیدی از لحاظ ارزش تغذیه ای، سلامت بخش بودن و پذیرش با نوع رایج در بازار غیرقابل مقایسه بودند. آنها به دلیل استفاده از ژلاتین در فرمولاسیون های تولیدی، به ناچار جهت خشک نمودن نمونه ها و کاهش محتوی رطوبت آنها از خشک کن های با دمای محیط استفاده می کردند که این امر باعث طولانی شدن زمان خشک کردن و تهیه پاستیل ها می گردید. با توجه به اینکه پاستیل به عنوان یکی از تنقلات در میان وعده های غذایی به ویژه برای کودکان مورد توجه است و همانطور که اشاره شد در صورتی که بتوان چنین فرآورده ای بر پایه ی میوه زرشک و با افزودن ترکیبات طبیعی و مغذی درسطح تجاری تولید و وارد بازار نمود، ضمن تولید فرآورده ای نو ظهور از زرشک و افزایش ارزش افزوده، کمک بزرگی به کاهش ضایعات این میوه ارزشمند خواهد بود. بنابراین در این پژوهش سعی بر این است فرآورده ای جدید بر پایه میوه متشکل از عصاره زرشک، ترکیبات هیدروکلوئیدی و شیرین کننده فرموله گردد که این فرآورده تا حدودی شبیه پاستیل های رایج در بازار است و می توان آن را با استفاده از ترکیبات گوناگون بهینه سازی و غنی سازی نمود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

زرشک بی دانه از یکی از باغات اطراف شهر بیرجند، از یک گونه زرشک و نیز از یک درخت جمع آوری شد. آگار مورد استفاده ازشرکت Merck آلمان و گوار و ژلاتین از شرکت Bio Mark کشور هند خریداری شدند.

۲-۲- آماده سازی عصاره زرشک

ابتدا زرشک‌ها پس از سورت اولیه و جدا کردن میوه‌های خراب و نارس، پس از شستشو در آبمیوه گیری ریخته تا آب زرشک خالص از تفاله جدا سازی شود. پس از صاف کردن آب زرشک برای غلیظ شدن وانجام عمل بلانچینگ توسط حرارت این عمل انجام می‌شود، سپس آب زرشک غلیظ شده در بطری‌های پلاستیکی بسته بندی شد و تا زمان انجام آزمایشات بعدی و اجرای پژوهش در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

۲-۳- تولید و آماده سازی نمونه‌ها

اجزای فرمولاسیون شامل ۸۰ ٪ وزنی /وزنی عصاره زرشک، ۲۰ ٪ وزنی / وزنی گوار در سه سطح (۰، ۰/۵ و ۱ درصد) و ژلاتین در سه سطح (۰، ۱ و ۲ درصد) بود. چون آگار و ژلاتین در حالت معمولی در آب نامحلول هستند بنابراین هر سطح ژلاتین را با نسبت مشخص آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و آگار در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به شکل محلول در آورده می‌شود. عصاره زرشک، آگار و گوار و ژلاتین توسط ترازوی ۰/۰۰۱ دیجیتال حساس، مدل HR200 ساخت کشور ژاپن توزین گردید. اجزای ثابت فرمولاسیون شامل ۸۰ ٪ وزنی / وزنی عصاره زرشک، ۱ ٪ هیدروکلوئید آگار می‌باشد. ابتدا عصاره زرشک در بشر توزین شده و با هیدروکلوئیدها ی مورد نظر (ضمن اعمال حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد در بن ماری مدل Memert، ساخت کشور آلمان) به نسبت‌های مشخص مخلوط شدند. آگار و ژلاتین محلول به مخلوط اضافه می‌شوند. گوار به صورت پودر همراه ساکارز(جهت جلوگیری از کلوخه شدن گوار) نیز به مخلوط اضافه می‌شود. در انتها با افزودن محلول اسید سیتریک ۴۰ درصد مخلوط ژل آماده شد. سپس مخلوط آماده درون قالب‌های انعطاف پذیر از جنس سلیکون در حفره‌هایی با ابعاد ۱/۹×۱/۹×۱/۹ سانتی متر ریخته شده و قالب‌ها به مدت ۲ ساعت جهت بستن ژل و آبگیری کامل در داخل یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس ژل حاصل از درون حفره‌های قالب خارج گردیدند و نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد درون آون با هوای داغ مدل Memert ساخت کشور آلمان خشک شدند. پس از مرحله خشک شدن، نمونه‌ها

در داخل بسته‌های پلاستیکی بسته بندی و تا زمان انجام آزمایش در دمای محیط نگه داری شدند.

۲-۴- آزمون های فیزیکوشیمیایی

۲-۴-۱- آزمون رطوبت

برای اندازه گیری رطوبت نمونه ها ۲ گرم پاستیل داخل یک پلیت تمیز، توزین گردید. سپس درون آون مدل Memert ساخت کشور آلمان با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شده و به مدت ۱۶ ساعت در این دما نگه داری شد. پس از این مدت پاستیل‌های خشک شده توزین گردیده و با وزن قبل از آون گذاری مقایسه و میزان رطوبت موجود در پاستیل محاسبه گردید (۷).

۲-۴-۲- فعالیت آبی

به منظور تعیین فعالیت آب، وزن‌های مساوی از هر نمونه کاملا خرد گردید و فعالیت آب نمونه توسط دستگاه رطوبت سنج مدل Novasinaساخت کشور سوئیس در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد تعیین شد.

۲-۴-۳- آزمون اسیدیته

اسیدیته نمونه ها به روش ذکر شده در استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳ اندازه گیری شد(۱).

۲-۴-۴-آزمون اندازه گیری ویتامین C

اندازه گیری درصدویتامین C براساس روش تیتراسیون انجام شد. مقدار ۲ گرم از نمونه پاستیل زرشک توزین وسپس به قطعات ریز خرد گردید ودر بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتر ریخته شد وسپس آن را با اسید متافسفریک ۶٪ به حجم رساندیم (بایدتوجه داشت نمونه پاستیل باید به خوبی دراسید حل شود) بعد از آن محتوای بالن ژوژه از کاغذ صافی عبور داده و پس از آن ۲۵سی سی از محلول صاف شده با ۱سی سی اسیدسولفوریک ۵۰٪ و۳ سی سی فرمالدئید حل گردید، در پایان ۱۰ س سی از محلول نهایی با محلول ۶و۲ کلرو ایندوفنول تا نمایان شدن رنگ صورتی تیتر گردید(۱۷).

$$\text{میلی گرم ویتامین C در ۱۰۰ گرم نمونه} = F \times V \times \frac{50}{25} \times \frac{29}{10} \times \frac{100}{w}$$

۲-۴-۵- اندازه گیری آنتوسیانین

برای اندازه گیری آنتوسیانین ها از شیوه ای که Fuleki و Fransis در سال ۱۹۶۸ بکار بردند استفاده شد. در این روش جذب نمونه های تهیه شده توسط بافر pH = ۱ و pH = ۴/۵ بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر بر حسب رنگدانه سیانیدین -۳- گلایکوزید[1] موجود در زرشک که بیشترین جذب را در طول موج ۵۱۰ نانومتر نشان می دهد اندازه گیری شد و در نهایت غلظت آنتوسیانین ها از رابطه۲ بدست آمد(۲۲):

رابطه(۲) $C\ mg/100ml = \triangle A/\epsilon L \times M \times D$

D: فاکتور رقیق کردن

$\triangle A$: اختلاف بین دو جذب در pH =۱ و pH = ۴/۵

M : جرم مولکولی سیانیدین -۳- گلایکوزید

ϵ :جذب مولی

L : طول سل که بر حسب سانتی متر

۲-۴-۶- آزمون رنگ سنجی

به منظور بررسی رنگ نمونه‌های پاستیل زرشک از هر فرمولاسیون سه قطعه به طور تصادفی انتخاب شد. ابتدا پاستیل توسط اسکنر hp مدل G2710 در ابعاد ۲۰۰ ×۲۰۰ و در فرمت JPG اسکن و ذخیره گردید. پارامترهای رنگی در فضای L* a* b* با استفاده از نرم افزار Image J 1.40 g به وسیله plugin با عنوان color- space- convertor استخراج شد.

۲-۴-۷- ارزیابی حسی

به منظور انتخاب اعضای گروه ارزیابی حسی، ابتدا ۱۴ نفر از دانشجویان و اساتید رشته علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد سبزوار که علاقمند به همکاری در این گروه بودند، انتخاب و سپس ۹ نفر از آنها که بالاترین دقت را در انجام آزمون چشایی داشتند، گزینش گردیدند. نمونه‌ها درون ظروف کاملا بسته قرار داده شد و از کدهای سه رقمی جهت نامگذاری نمونه‌ها استفاده گردید. به منظور ارزیابی نمونه‌ها از تست هدونیک ۵ نقطه‌ای (بسیار خوب، خوب، متوسط، بد، بسیار بد) استفاده شد. عدد ۱ نشانگر کمترین امتیاز و عدد ۵ نشانگر بیشترین امتیاز بود. صفات مورد ارزیابی شامل طعم و مزه، ظاهری، سفتی، لاستیکی بودن،

[1]- Cyanidin-3-glycoside

چسبناکی بود که در نهایت بصورت پذیرش کلی گزارش گردید.

۵-۲- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق طرح مرکب مرکزی متمرکز شده (FCCD) با دو متغیر مستقل، ۱۳ تیمار و پنج تکرار در نقطه مرکزی طرح، جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل (ژلاتین x_1، گوار x_2) بر برخی خصوصیات کیفی پاستیل مورد استفاده قرار گرفت. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار Design Expert مدل6.0.2 (میناپولیس آمریکا[1]) مدلسازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیرهای مستقل رسم شد. سطوح متغیرهای مستقل به صورت حقیقی و کد شده در جدول۱ ارایه شده است. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد. جدول۲ نیز نتایج حاصل از آنالیز واریانس مدل درجه دوم را نشان می دهد. رابطه ۲، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می باشد. در این فرمولYپاسخ پیش بینی شده،b_0 ضریب ثابت،b_i اثرات خطی،bii اثر مربعات وbij اثرات متقابل و xi،xj متغیر های مستقل کدبندی شده هستند.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^{\,2} + \sum b_{ij} x_i x_j$$ رابطه (۲)

معنی داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ تعیین شد. کفایت مدل با استفاده از R^2، R^2 اصلاح شده و آزمون Lack of fit مورد بررسی قرار گرفت. برای آنالیز ارزیابی حسی نیز از نرم افزارVersion 9 SAS استفاده گردید. مقایسه میانگین با آزمون LSD انجام شود و نمودارهای مربوط در نرم افزار Excel رسم گردید.

جدول۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آنها

متغیر مستقل	نماد ریاضی	-۱	۰	+۱
ژلاتین (درصد)	X_1	۴	۵	۶
گوار (درصد)	X_2	۱	۲	۳

[1] -Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA

۳- نتایج و بحث

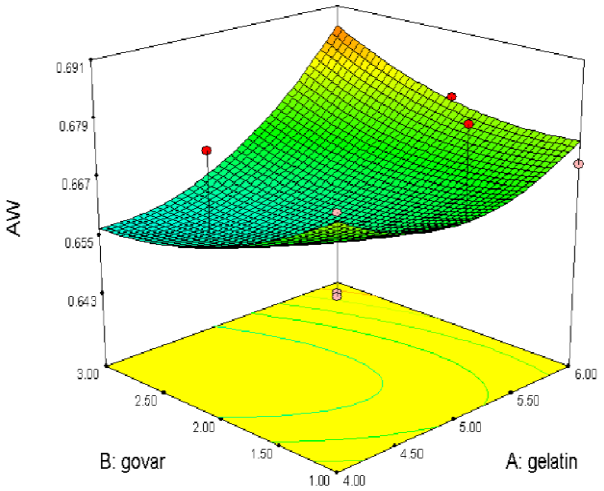
۳-۱- ارزیابی فعالیت آبی پاستیل فراسودمند زرشک

نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای ژلاتین و گوار بر فعالیت آبی پاستیل میوه ای تولید شده نشان داد (جدول ۲) که هیچکدام از متغیرهای فرایند بر تغییرات این پارامتر معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). اثر متقابل این دو متغیر نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج اثر متقابل گوار و ژلاتین بر فعالیت آبی معنی دار نبود ولی همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت این دو ترکیب در فرمولاسیون پاستیل میوه ای بر پایه عصاره زرشک فعالیت آبی نیز روند افزایشی داشته است، بطوریکه بیشترین میزان فعالیت آبی در نمونه های حاوی ترکیبی از ۶ درصد ژلاتین و ۳ درصد گوار بدست آمد. مقادیر مثبت ضرایب مدل نیز که در جدول ۲ آورده شده است نیز موید این مطلب می باشد. هانسن (۲۰۰۱)، اظهار داشت زمانی که میزان آب بسیار پایین است (در پاستیل‌های میو ه ای)، ویسکوزیته و فعالیت آب دو پارامتری هستند که بر انتشار و رها سازی ترکیبات معطر اثر می‌گذارند. به عبارت دیگر غذاها ی ژله ای شده مانعی برای انتشار و نفوذ مواد معطر در فاز بخار بوده و عوامل ژل ساز با مواد معطر واکنش می‌نمایند(۲۵). پیازا و جیگلی (۲۰۰۹) طی پژوهشی که در همین راستا انجام دادند بیان نمودند که با افزایش میزان و غلظت هیدروکلوئیدها، شدت باند هیدروکلوئیدها با مولکولهای آب افزایش می یابد و نهایتا کاهش فعالیت آبی نمونه ها را به دنبال خواهد داشت (۳۰). همچنین نتایج شهیدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد با افزایش غلظت هیدروکلوئیدهای ژلاتین و نشاسته، فعالیت آبی پاستیل میوه ای سیب کاهش می یابد (۹).

۳-۲- ارزیابی میزان رطوبت پاستیل فراسودمند زرشک

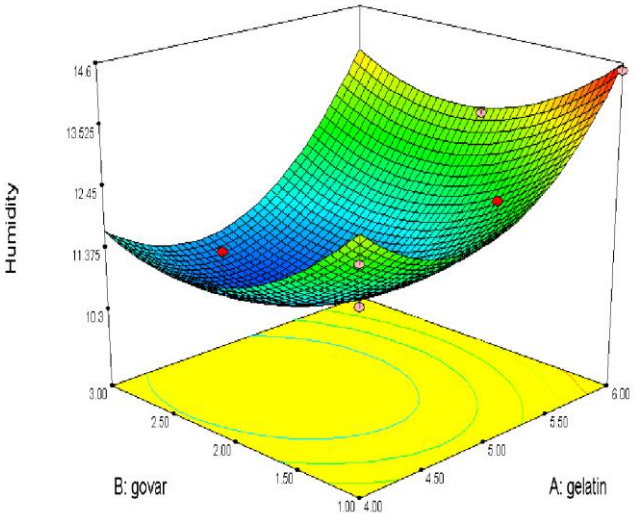
نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول ۲) که اثر خطی ژلاتین و اثرات توان دوم ژلاتین و گوار در مدل معنی دار شده است ($p<۰/۰۵$). بر این اساس، با افزایش غلظت ژلاتین رطوبت محصول نهایی افزایش معنی‌داری داشت، بطوریکه بیشترین میزان رطوبت که برابر ۱۴/۶۰ درصد بود در نمونه های حاوی ۶ درصد ژلاتین و ۳ درصد گوار حاصل گردید. وجود انحنا نیز در شکل سطح پاسخ موید معنی دار بودن عبارات درجه دوم متغیرها می باشد (شکل ۲). صمغ گوار نوعی گالاکتومانان بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد می باشد که به دلیل ماهیت هیدروژلی و جذب

آب، قابلیت باندکردن آب را در ساختار خود دارا می باشد (۲۹). ترکیبات هیدروکلوئیدی مانند صمغ گوار و ژلاتین با توجه به خصوصیات عملکردی بعنوان پایدارکننده و جهت حفظ رطوبت موجود در محصول مورد نظر، در فرمولاسیون مواد غذایی استفاده می شوند.



شکل۱- اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر فعالیت آبی پاستیل فراسودمند زرشک

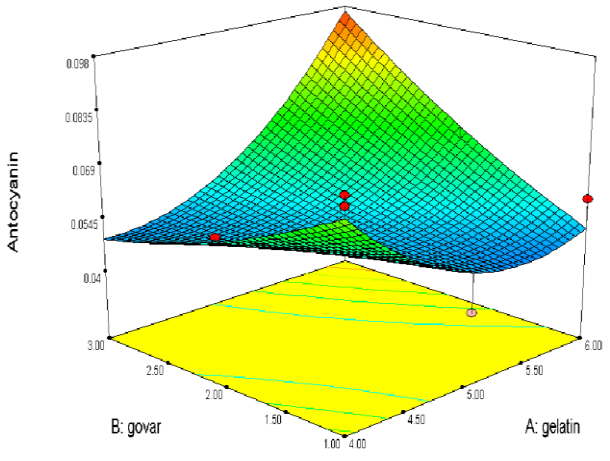
(گلدستاین، ۱۹۷۳). این ترکیبات نه تنها بر ساختمان فیزیکی و خصوصیات فرایندی ماده غذایی حاوی هیدروکلوئیدها عمیقا اثر میگذارد بلکه از نقطه نظر فساد ماده غذایی نیز به دلیل تاثیری که بر روی فعالیت آب دارد، بسیار حائز اهمیت است (فاطمی ۱۳۸۷).



شکل۲- اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر تغییرات رطوبت پاستیل فراسودمند زرشک

۳-۳- ارزیابی میزان آنتوسیانین پاستیل فراسودمند زرشک

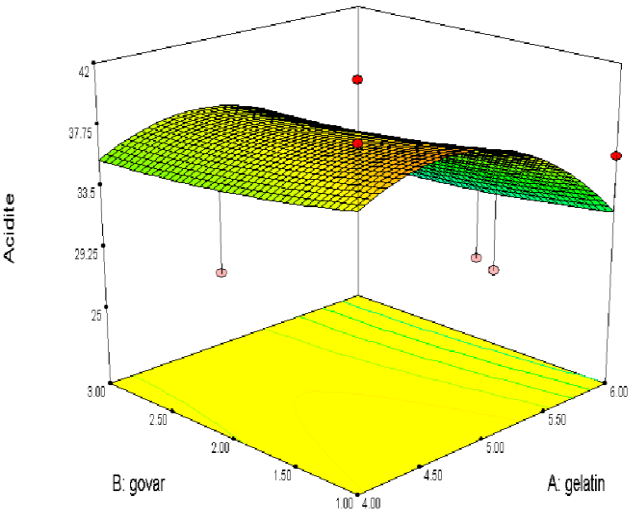
نتایج آنالیز واریانس اثرمتغیرهای فرایند بر میزان آنتوسیانین نمونه های پاستیل نشان داد که مدل چند جمله ای درجه دوم آن از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) و جملات معنی دار مدل شامل اثر خطی و توان دوم ژلاتین و همچنین اثر متقابل ژلاتین و گوار می باشد (جدول ۲). آزمون عدم برازش مدل نیز معنی دار نبود که موید کارامد بود مدل برای پیش بینی مقدار آنتوسیانین نمونه های پاستیل می‌باشد. همانطور که از نتایج پیداست افزودن ژلاتین و گوار تاثیر مثبتی بر حفظ مقدار آنتوسیانین های عصاره زرشک در پاستیل تولیدی شده است بطوریکه با افزایش این ترکیبات در فرمولاسیون محصول نهایی مقدار آنتوسیانین نیز افزایش معنی داری نشان می دهد (شکل ۳). عوامل بسیاری از جمله دما، pH، اکسیژن، آنزیم، آسکوربیک اسید و غیره بر پایداری آنتوسیانین کل موثر می باشند (۱۹). تغییرات اندکی در pH تاثیر قابل توجهی بر محتوی آنتوسیانین می گذارد به طوری که که میزان اسیدی بودن محلول، نسبت بین اشکال مختلف رنگدانه ها، به عنوان مثال کاتیون فلاویلیوم قرمز، باز کوئینیدال آبی، کاربینول بی رنگ و چالکون های زرد کم رنگ را تحت تاثیر قرار می دهد (۲۰). رولستاد و همکاران (۱۹۷۰) گزارش کردند که تغییر pH از ۳/۲۱ به ۳/۸۱ موجب تغییر شکل فلاویلیوم از ۳۷٪ به ۱۳٪ می گردد و نتیجه گرفتند که کاهش pH ثبات رنگ توت فرنگی را بیشتر از هر عامل دیگر بهبود می بخشد (۳۲).



شکل۳-اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر میزان آنتوسیانین پاستیل فراسودمند زرشک

۴-۳- ارزیابی میزان اسیدیته پاستیل فراسودمند زرشک

نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای ژلاتین و گوار در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود مدل بدست آمده معنی دار نبود و متناسب با آن اثرات خطی و متقابل متغیرها نیز بر این پارامتر معنی دار نبود ($p<۰/۰۵$). نتایج اثر همزمان ژلاتین و گوار بر تغییرات اسیدیته نمونه‌های پاستیل نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود با تغییر سطوح گوار، مقدار اسیدیته تغییری پیدا نکرده است ولی با افزایش ژلاتین از میزان اسیدیته محصول نهایی کاسته شده است، اگر چه این تغییرات معنی دار نبود ($p<۰/۰۵$).

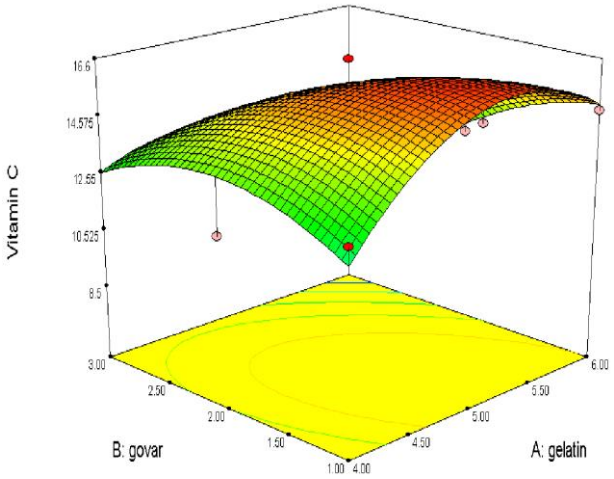


شکل۴- اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر پارامتراسیدیته پاستیل

۵-۳- ارزیابی میزان ویتامین C پاستیل

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان ویتامین C محصول نهایی به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای فرایند بر تغییرات ویتامین C (جدول ۲) نشان داد که اثرات خطی غلظت گوار، اثر درجه دوم ژلاتین و اثر متقابل این دو ترکیب در مدل بدست آمده برای پاستیل میوه ای بر پایه زرشک معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). بر اساس شکل های رویه پاسخ حاصل از حضور همزمان ژلاتین و گوار در فرمولاسیون پاستیل، با افزایش گوار مقدار ویتامین C ابتدا افزایش و در ادامه کاهش معنی‌داری داشت، در حالیکه با افزایش ژلاتین در مقدار گوار پایین میزان ویتامین C افزایش یافت سپس با افزایش ژلاتین در مقدار گوار بالا میزان ویتامین C کاهش داشته است. با توجه به مقادیر ضرایب مدل بدست آمده نیز میتوان چنین استنباط کرد که تاثیر گوار بر تغییرات ویتامین C بیشتر از ژلاتین بوده است (جدول ۲).

طبق تحقیقات برد ورلو (۲۰۰۵) دمای نگهداری محصول، میزان اکسیژن محلول و نیز میزان نفوذپذیری ماده بسته بندی در برابر ورود اکسیژن نیز از عوامل تاثیر در سرعت تخریب ویتامین Cمی باشند (۲۱). در تحقیقی کینز و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کردند که حفظ ویتامین C در محصول بطور معنی داری تحت تاثیر اثر پوشش دهی و زمان انبار داری قرار گرفت واستفاده از پوشش خوراکی کیتوزان بطور معنی داری میزان افت ویتامین ث را در فلفل شیرین کاهش داد (۳۳). عباسی و همکاران گزارش دادند (۲۰۰۰۹)از آنجایی که ویتامین ث تمایل زیادی به واکنش با اکسیژن و در نتیجه اکسید شدن دارد، پوشش کیتوزان می تواند موجب کاهش نفوذ اکسیژن به درون بسته شده و در نتیجه سرعت فرایند رسیدن را کاهش داده و موجب حفظ بهتر میزان ویتامین ث و تاخیر در حساس شدن نمونه های فلفل در طول نگهداری می شود (۱۸).



شکل۵- اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر میزان ویتامین C در پاستیل فراسودمند زرشک

۶-۳- بررسی پارامتر رنگی پاستیل فراسودمند زرشک

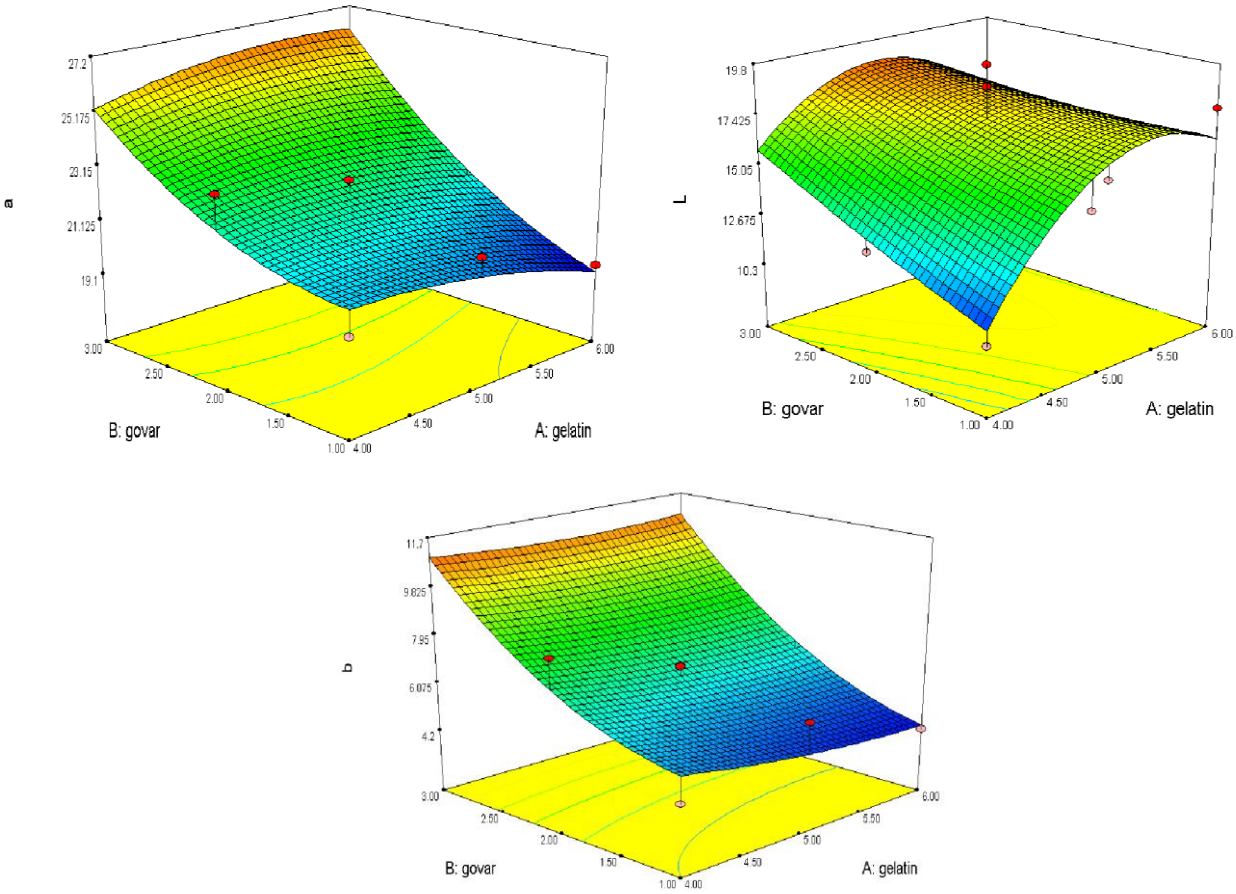
شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای مستقل بر صفات رنگی پاستیل (جدول ۲) نشان داد که مدل بدست آمده برای موله روشنایی ظاهری نمونه های پاستیل معنی دار نبود که نشان دهنده عدم موثر بودن اثرات خطی و کوادراتیک ژلاتین و گوار بر این مولفه رنگی می باشد ($p>۰/۰۵$). با این حال همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود

با افزایش غلظت ژلاتین و گوار در فرمولاسیون بر میزان مولفه *L نمونه ها افزوده شد. افزایش میزان مؤلفه *L به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب توسط صمغ هاست. این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت و نگهداری سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد (۲۶). خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد هیدروکلوئیدهای زانتان و پکتین در فرمولاسیون پاستیل طالبی، منجر به ایجاد روند افزایشی در پارامتر رنگی *L می گردد (۵). خزایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (۳). شاخص *a میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین عبارت های مدل فقط اثر خطی گوار معنی دار بود (P<۰/۰۵) ولی اثر ژلاتین و اثر متقابل آن با گوار معنی دار نبود (p>۰/۰۵). معنی دار نبودن آزمون عدم برازش موید کارایی بالای مدل بدست آمده در تخمین مقدار مولفه قرمزی پاستیل تولیدی از عصاره زرشک می باشد. اثر همزمان دو متغیر ژلاتین و گوار بر میزان مولفه *a در شکل ۶ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود در سطوح مختلف گوار، افزایش ژلاتین تاثیری بر میزان این مولفه رنگی نداشته است در حالیکه در سطوح مختلف ژلاتین با افزایش غلظت گوار بر میزان مولفه *a افزوده شد. این در حالی بود که نتایج خلیلیان و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد با افزایش میزان هر یک از هیدروکلوئیدهای پکتین و زانتان در فرمولاسیون پاستیل طالبی پارامتر رنگی*a کاهش یافت (۴). خزایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز با بررسی اثر صمغ های آگار و گوار و همچنین ریز جلبک اسپیرولینا بر ویژگی های رنگی پاستیل کیوی نشان دادند که با افزایش صمغ گوار میزان مولفه *a کاهش می یابد. طبق نتایج این محققین آگار تاثیر معنی داری بر مولفه قرمزی پاستیل نداشت ولی با افزایش سطوح ریز جلبک اسپیرولینا از میزان قرمزی نمونه ها کاسته شد که این نتیجه حاکی از آن است اثر هر یک از متغیرها باعث کاهش رنگ قرمز و افزایش رنگ سبز در پاستیل کیوی می گردند (۳). شاخص *b میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های آبی و زرد را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. نتایج مشابهی نیز در مورد مولفه *b بدست آمد بدین معنی که طبق جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) مدل بدست آمده برای مولفه زردی نیز معنی دار بود و در بین عبارات مدل فقط اثر خطی گوار معنی دار بود (p<۰/۰۵). همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود با افزایش غلظت صمغ گوار در فرمولاسیون پاستیل بر میزان مولفه *b افزوده گردید بطوریکه بیشترین مقدار این مولفه در نمونه های حاوی ۵ درصد ژلاتین و ۳ درصد گ.ار حاصل گردید. احتمالا با افزایش درصد گوار در فرمولاسیون، امکان وقوع واکنش های مایلارد و در نتیجه ایجاد رنگدانه های زرد و قهوه ای بیشتر می گردد که این منجر به افزایش اندکی در رنگ زرد نمونه ها گردید.

۷-۳- بهینه یابی نهایی

شرایط عملیاتی بهینه برای تولید پاستیل میوه ای بر پایه عصاره زرشک با استفاده از متغیر های مستقل غلظت ژلاتین و گوار بر روی پارامترهای فعالیت آبی، رطوبت، مقدار آنتوسیانین، ویتامین C، اسیدیته و خواص رنگی (مولفه های *L، *a و *b) با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی[۱] نرم افزار Design Expert جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. مقادیر پاسخ ها در نقطه بهینه برای مقدار فعالیت آبی برابر با ۰/۶۶۴، آنتوسیانین ۰/۰۶۳، اسیدیته ۳۴/۱۷، میزان رطوبت ۱۱/۰۹، ویتامین ث ۱۱/۰۴ و مولفه های رنگی شامل*L و*a و *bبه ترتیب معادل ۲۵/۰۲ و ۲۵/۷۱ و ۱۴ بود. در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل غلظت ژلاتین و صمغ گوار به ترتیب ۵/۰۶، ۲/۹۶ درصد به دست آمد (جدول ۳).

[۱]-Numerical optimization



شکل۶- اثر همزمان دو متغیر ژلاتین وگوار بر خواص رنگی پاستیل فراسودمند زرشک

جدول۲- نتایج جدول آنالیز واریانس (ANOVA) متغیرهای خطی، درجه دومی، اثرات متقابل هر پاسخ و ضرایب پیشگویی مدل برازش یافته درجه دوم بر داده های پاسخ

منبع	aw		رطوبت		آنتوسیانین		اسیدیته		
	ضرایب	اندیس p	ضرایب	اندیس p	ضرایب	اندیس p	ضرایب	**اندیس p**
Model	–	۰/۴۴۸	–	۰/۰۰۰۴	–	۰/۰۰۷	–	**۰/۶۹۵**
b_1 (ژلاتین)	۰/۰۱۱	۰/۱۲۲	۰/۹۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳۶	−۲/۶۶	**۰/۳۵۸**
b_2 (گوار)	۴/۳۹۷	۰/۷۷۲	۰/۵۶	۰/۲۷	۰/۰۱۲	۰/۱۸	−۰/۷۲	**۰/۹۰۹**
b_{11}	۸/۴۳۱	۰/۳۳	۱/۵۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	−۴/۰۲	**۰/۲۷۶**
b_{22}	۹/۹۷۰	۰/۵۹۹	۲/۱۰	۰/۰۰۹	۷/۳۷۱	۰/۴۸	۰/۹۷	**۰/۹۰۲**
b_{12}	۰/۰۱۱	۰/۲۹۹	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۰۲۷	۰/۰۰۲	۰/۱۸	**۰/۹۶۷**
Lack of fit	–	۰/۰۵۹	–	۰/۰۵۱	–	۰/۰۵۲	–	**۰/۰۵۷^{ns}**
R^2	۰/۴۳۳	–	۰/۹۴	–	۰/۸۶	–	۰/۳۱	–
$R^2_{adjasted}$	۰/۰۲۹	–	۰/۷۰	–	۰/۷۶	–	−۰/۱۹	–
PRESS	۸/۹۴۵	–	۱۰/۴۶	–	۲/۹۶	–	۱۳۷۹/۱	–
C.V.	۲/۰۱	–	۳/۶۵	–	۱۲/۳۱	–	۱۵/۸۵	–

منبع	L*		a*		b*		ویتامین C	
	ضرایب	اندیس p	ضرایب	اندیس p	ضرایب	اندیس p	ضرایب	**اندیس p**
Model	–	۰/۵۴۹	۱۷/۲۸	۰/۰۰۳	–	۰/۰۰۲۱	۵۹/۱۸	**۰/۰۲۲**
b_1 (ژلاتین)	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۱۵	۰/۷۶	−۰/۱۸	۰/۷۰	−۱/۱۳	**۰/۱۳۸**
b_2 (گوار)	۱/۸۶	۰/۶۳	۵/۷۰	۰/۰۰۱۱	۶/۰۷	۰/۰۰۰۷	−۴/۲۵	**۰/۰۲۸**
b_{11}	−۲/۹۲	۰/۲۰۲	−۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۷۲	−۲/۲۹	۰/۰۳
b_{22}	۰/۳۵	۰/۹۴	۲/۱۲	۰/۱۵۳	۲/۳۹	۰/۱۰۹	−۳/۰۱	۰/۱۵۸
b_{12}	−۱/۹۱	۰/۴۸۳	۱/۰۸	۰/۱۸۵	۰/۳۷	۰/۶۳	−۲/۵۱	۰/۰۴۸
Lack of fit	–	۰/۰۶	–	۰/۰۵	–	۰/۰۵۳	–	۰/۰۵۳^{ns}
R^2	۰/۳۹	–	۰/۸۸	–	۰/۹۰	–	۰/۸۰	–
$R^2_{adjasted}$	−۰/۰۶	–	۰/۸۱	–	۰/۸۲	–	۰/۶۶	–
PRESS	۵۶۹/۹۷	–	۵۸/۱۸	–	۵۴/۸۵	–	۹۴/۹۱	–
C.V.	۲۱/۱۷	–	۴/۳۱	–	۱۳/۳۱	–	۱۵/۸۵	–

جدول۳- نتایج به دست آمده از فرآیند بهینه سازی

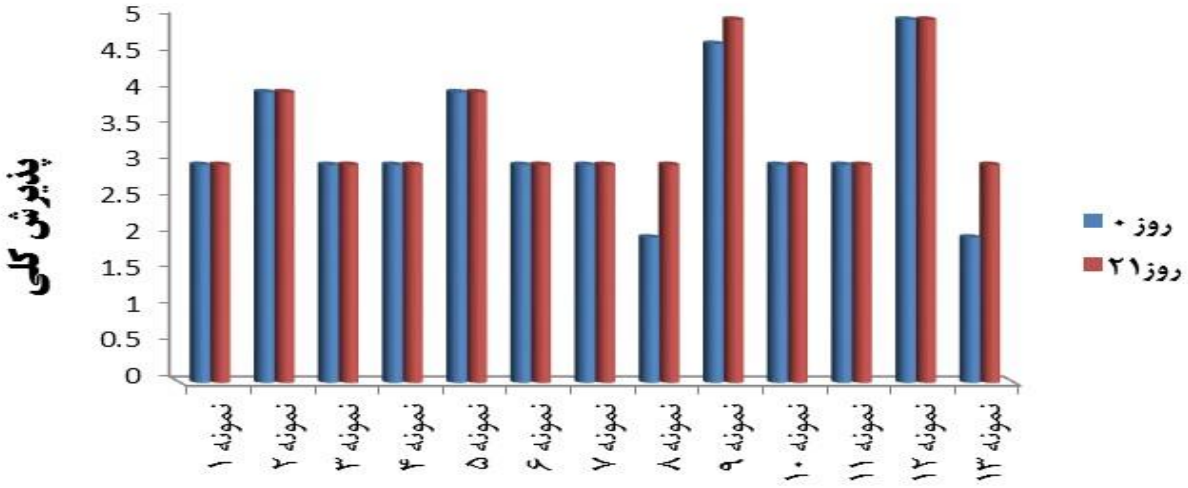
متغیر مستقل	حداقل	حداکثر	مقدار بهینه
ژلاتین (درصد)	۴	۶	۵/۰۶
صمغ گوار (درصد)	۱	۳	۲/۹۶

۸-۳- ارزیابی پذیرش کلی نمونه های پاستیل

آنالیز حسی اغلب در مراحل فرمولاسیون فراورده‌های جدید یا بهینه سازی فراورده‌های موجود به کار می‌رود. این روش بهترین راه جهت ارزیابی بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه در انواع غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می‌باشد و در ضمن بر این اساس مبنایی را طراحی می کنند که بعدا بر اساس آن از روش‌های دستگاهی جهت اندازه گیری ویژگی‌های کیفی و کنترل تولید استفاده می‌شود(۲). نتایج آنالیز واریانس (جدول ۴) نشان داد که تغییر در فرمولاسیون نمونه ها و همچنین زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر پذیرش نمونه های پاستیل توسط ارزیابان داشته است ($p<۰/۰۵$). اثر همزمان تغییر نمونه ها و زمان نگهداری بر پذیرش کلی در شکل ۷ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود نمونه ی ۹ (٪۱ گوار و ۵ ٪ ژلاتین) در طول ۲۱ روز نگهداری دارای بیشترین پذیرش از نظر پانلیست ها بود و امتیازی بالاتر از ۴/۵ دریافت کردند. البته لازم به ذکر است نمونه های ۲ (٪۲ گوار و ۴ ٪ ژلاتین) و ۵ (٪۲ گوار و ۵ ٪ ژلاتین) نیز از پذیرش قابل قبولی برخوردار بودند چرا که امتیازی بالاتر از حد متوسط دریافت کرده اند (امتیاز بالای ۳/۵). گلدفیلد و همکاران (۲۰۰۲) و گیبسن (۲۰۰۱) طی تحقیقاتی نشان دادند که تنقلات بر پایه میوه و سبزی پذیرش و جذابیت بالایی از سوی مصرف کنندگان دارند. سهولت تهیه و مصرف این تنقلات و کیفیت بالای خوراکی به لحاظ بهداشتی و ارزش تغذیه ای نسبت به سایر تنقلات از جمله آن هایی که حاوی افزودنی های مصنوعی می باشند، از مهمترین دلایل پذیرش بالای این گروه از مواد غذایی می باشد (۲۲).

جدول ۴- خلاصه نتایج جدول آنالیز واریانس تاثیر متغیرها بر ویژگی حسی پاستیل میوه ای

منبع تغییرات	DF	SS	MS	F-Value	p-Value
مدل	۱۳	۴۹/۰۲	۳/۷۷	۷۵/۲۸	<۰/۰۰۰۱
نمونه ها	۱۲	۴۸/۳۸	۴/۰۳۲	۸۰/۵۱	<۰/۰۰۰۱
زمان نگهداری	۱	۰/۶۲۸	۰/۶۲۸	۱۲/۵۴	۰/۰۰۰۷
خطا	۶۴	۳/۲۰۵	۰/۰۵۰	–	–
کل	۷۷	۵۲/۲۱	–	–	–
انحراف معیار	۶/۶۳	–	–	–	–
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۳۸	–	–	–	–
میانگین	۳/۳۷۲	–	–	–	–



شکل ۷- نتایج ارزیابان چشایی برای پارامتر پذیرش کلی نمونه‌های پاستیل

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تولید پاستیل فراسودمند از میوه زرشک بی دانه به عنوان یک فراورده نوظهور با بافت، ساختار، طعم، رنگ و ویژگی‌های حسی مناسب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تاثیر گوار وژلاتین بر میزان روشنایی نمونه‌های پاستیل زرشک نشان داد که این متغیرها تاثیری بر پارامتر رنگی L* نداشتند در حالیکه صمغ گوار بر مولفه های a* و b* تاثیر معنی داری داشت بطوریکه افزودن گوار به فرمولاسیون پاستیل منجر به افزایش مولفه‌های قرمزی و زردی در نمونه ها گردید. طبق نتایج ژلاتین تاثیر معنی داری بر مولفه های رنگی پاستیل نداشت. نتایج اثر متغیرها بر مقدار آنتوسانین نمونه های پاستیل نشان داد که با افزایش ژلاتین و گوار فاکتور آنتوسیانین بترتیب کاهش وافزایش معنی‌داری داشت. با افزایش غلظت ژلاتین رطوبت محصول نهایی افزایش معنی‌داری داشت، بطوریکه بیشترین میزان رطوبت در نمونه های حاوی ۶ درصد ژلاتین و ۳ درصد گوار حاصل گردید. نتایج همچنین حاکی از عدم معنی داری متغیرها بر تغییرات اسیدیته و فعالیت آبی بود. با افزایش گوار مقدار ویتامین C ابتدا افزایش و در ادامه کاهش معنی‌داری داشت، در حالیکه با افزایش ژلاتین در مقدار گوار پایین میزان ویتامین C افزایش یافت سپس با افزایش ژلاتین در مقدار گوار بالا میزان ویتامین C کاهش داشته است. بطور کلی هیدروکلوئیدهای ژلاتین و گوار به دلیل پوشش طعم و به تاخیر انداختن رهاسازی ترکیبات طعم زا منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه های پاستیل در مقایسه با کنترل شده اند. در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل غلظت ژلاتین و صمغ گوار به ترتیب ۵/۰۶، ۲/۹۶ درصد به دست آمد. پاستیل میوه ای بر پایه عصاره زرشک فراورده ای طبیعی

است که ترکیبات آن شامل پوره زرشک، هیدروکلوئیدهای غذایی و ترکیبات شیرین کننده می باشد. این فراورده به لحاظ دارا بودن pH و فعالیت آب پایین، ماندگاری بالایی دارد. با توجه به اینکه می توان از میوه های مازاد بر مصرف در تهیه آن استفاده نمود، با تولید این فراورده علاوه بر جلوگیری از ضایعات میوه، فراورده نوینی وارد بازار مصرف می گردد که به سبب ارزش تغذیه ای بالا، طعم مطلوب، قابلیت شکل پذیری و ماندگاری خوبی که دارا می باشد، مورد توجه مصرف کنندگان قرار خوهد گرفت.

۵- منابع

۱. استاندارد ملی ایران، ۱۳۷۱، فراورده‌های میوه و سبزی – تعیین اسیدیته- روش آزمون، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، چاپ اول، نشریه شماره ۳۷۳.

۲. بورن، مالکوم.، مترجم، عباسی، سلیمان، ۱۳۸۶، رئولوژی مواد غذایی، بافت و گرانروی مواد غذایی، مفهوم و اندازه گیری، چاپ اول، نشر مرکز دانش، تهران.

۳. خزایی پول، ا.، شهیدی ، ف.، مرتضوی ، ع، محبی، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس(Spirulina platensis) و هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی فعالیت آب، بافت، پارامترهای رنگی و پذیرش کلی پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۸ ، دوره ۱۲: صفحات ۴۷ تا ۵۹.

۴. خلیلیان، ص.، ف. شهیدی، م. الهی، م. محبی، ۱۳۹۰. بررسی ویژگی های حسی و پارامترهای رنگی پاستیل میوه ای بر پایه پوره طالبی، مجله علمی- پژوهشی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. خلیلیان، ص.، ف. شهیدی، م. الهی، م. محبی، م. سرمد، م. روشن نژاد. ۱۳۹۰. اثر غلظت های مختلف پکتین و زانتان بر ویژگی های حسی و فعالیت آب پاستیل میوه ای بر پایه پوره طالبی، مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۴، جلد ۷،ص.۲۰۹-۲۰۰.

۶. رضایی، ر.، ف. شهیدی، ، م. الهی، م. محبی، ۱۳۸۹. بهینه سازی فرمولاسیون پاستیل آلو، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۷. سی.اس، جیمز .، مترجم، الف، خسرو شاهی اصل .، ۱۳۷۶، شیمی تجزیه مواد غذایی، انتشارات دانشگاه ارومیه، صفحه ۳۱۴

۸. شریفی، ا. مسکوکی، ع، م. توکلی پور، ح. و الهامی راد، ا، ح.۱۳۸۷. بررسی روش‌های استخراج و ارزیابی پایداری رنگ زرشک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار.

۹. شهیدی، ف.، خلیلیان، ص.، م، محبی، م. فتحی، ۱۳۹۰. بررسی امکان تولید پاستیل میوه ای بر پایه پوره سیب بر اساس فاکتورهای حسی و فعالیت آب، مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۲، جلد ۷،۱۳۶-۱۲۹.

۱۰. شهیدی، ف، م. محبی، ص. خلیلیان، ر. رضایی، م. فتحی، ۱۳۸۷. بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی پاستیل بر پایه پوره سیب و کدو حلوایی، مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره ۱، جلد ۸،ص. ۷۲-۶۰.

۱۱. فتحی ،ح. ۱۳۷۱، بازار جهانی سیب، بازار جهانی کالاها، شماره ۲۱، ۲۰-۱۵.

۱۲. فرحناکی، عسگر .، مجذوبی، مهسا. و مصباحی، غلام رضا.، ۱۳۸۸، خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی (ژلاتین، کتیرا، صمغ عربی، نشاسته، نشاسته اصلاح شده و پکتین)، علم کشاورزی ایران، جلد اول، صفحات ۱۱-۱۴.

۱۳. فرهادی چیتگر، محمد. وریدی، محمدجواد. وریدی، مهدی. ۱۳۹۱. بررسی برخی از خواص فیزیکوشیمیایی زرشک سیاه ،همایش ملی فرآورده‌های طبیعی و گیاهان داروئی.

۱۴. کافی،م و بالندری،الف. ۱۳۸۱. زرشک فناوری تولید و فرآوری. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۵. مسکوکی، ع. م. و مرتضوی، ع. ۱۳۸۰. طرح جامع استراتژیک تولید، تبدیل و توزیع زرشک بی دانه، وزارت صنایع، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۶. مرتضوی، س، ع. شریفی ، ا.مسکوکی، ع. نیاکوثری ، م. الهامی راد، ا،ح. بهینه سازی فرایند استخراج مواد بیواکتیو از میوه زرشک (Berberis vulgaris) بوسیله روش سطح پاسخ. پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، سال ۱۳۹۳ ، جلد ۳، شماره ۱.

17. AOAC.2000. Official Method of Analysis, 17th ed. Method 967.21. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA .
18. Abbasi, N. A., Iqbal, Z., Maqbool, M., & Hafiz, I. A. 2009. Postharvest Quality of mango (Mangifera indica L.) fruits as affected by coating. Pakistan Journal of Botany, 41: 343–357.
19. Alighourchi H, Barzegar M. Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocyanin of reconstituted pomegranate juice during storage .Journal of Food Engineering 2009; 90: 179-185.
20. Artes-Hernandez, F., Artes, F., and Tomas-Barberan, F.A. 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv, Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:5290-5295.
21. Burdurlu, H.S, Koca, N, and Karadeniz, F, 2005, Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage, Journal of Food Engineering,Vol 74, Issue 2, PP 211-216.
22. Fuleki, T. and Francis, F.J.1968 . Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. Journal of Food Science 33: 78-83
23. Gibson, E. L., and Wardle, J. 2001. Effect of contingent hunger state on development of appetite for a novel fruit snack Appetite, 37: 91-101.
24. Goldfield, S. and Epstein, 11. 2002. Can Fruits and Vegetables and Activities Substitute for Snack Foods?. Health Psychology, 21: 299-303.
25. Goldstein, A.M., Alter, E.N.,seaman, J.K. 1973. Guar gum . In : whistler RL , editor , Industrial gums , 2nd edition . New york : Academicl Press : 303 – 321.
26. Gordon Booth, R., 1990, Snack Food, An AVI Book , published by Van Nostrand Reinhold, New York, 8: 175-182.
27. Hansson , A., Andersson, J., & Leufven , A., 2001, The effect of sugars and pectin on flavor release from a softe drink-related model system, Food chemistry, Vol. 72, pp. 363-368.
28. Lazaridou, A., Duta, D., Pagageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten –free formulations. Journal of Food Engineering, 79: 1033-1047.
29. Lin, T.M., Durance, T.D., & Scamanb, C.H. 1998, Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices, Food Research International, Vol. 31(2) , pp. 111-117.
30. Moriod , A .A. , & Adam , H. F. , 2013 , Review: Gelatin , source , extraction and industrial application , Acta sci. pol. , technol. Aliment , Vol. 12 (2) , pp. 135 – 147.
31. Morris, E.R., 1990, In Food Gels, Edited by Harris, P. Elsevier Applied Science, London , UK, Chapter , 8: 291-298.
32. Piazza,L. & Gigli, J. 2009. Multi-scale estimation of water soluble diffusivity in polysaccharide gels.Universita di milano,Italy.
33. Williams P. A and Phillips, G. O. 2000. Handbook of hydrocolloid, Introduction to food hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
34. Wrolstad R.E., Putnam T.P., Varseveld G.W., Color quality of frozen strawberries: effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. J. Food Sci 1970; 35: 448–452.
35. Xing ,Y, Li, X, Xu, Q, Yun, J, Lu, Y,2011,Tang Y, Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (Capsicum annuum L.), Food Chemistry 124: 1443–1450.