

فرمولاسیون پاستیل هلو حاوی رنگ کاروتنوئیدی استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس و بهینه‌سازی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی آن

محمود یلمه^۱، مرتضی خمیری^{۲*}، محمد قربانی^۲، عزت الله قائمی^۳، سیده ساناز رمضان‌پور^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- استاد گروه میکروبیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

۴- دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۶)

چکیده

هلو منبعی غنی از رنگدانه‌های بتاکاروتن است که همراه با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود می‌تواند در جلوگیری از فعالیت رادیکال‌های آزاد در بدن نقش موثری ایفا نماید. فرمولاسیون فراورده‌های میوه‌ای نوین موضوع بسیاری از تحقیقات را به خود اختصاص داده است و در این رابطه طیف وسیعی از ترکیبات مواد افزودنی طبیعی در فرمول آنها مورد بررسی قرار گرفته است. از این رو، هدف از این پژوهش بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس به کمک روش آماری سطح پاسخ بوده است. بدین منظور اثر سه فاکتور پوره هلو (۶۰-۲۰ درصد)، ژلاتین (۶-۲/۵ درصد) و رنگ استخراج شده (۳/۰-۰/۰۵ درصد) بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی پاستیل هلو به کمک طرح مرکب مرکزی ارزیابی شد. مدل خطی برای ویژگی‌های pH، بریکس، a^* ، سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن و مدل‌های خطی-مربعی برای سایر ویژگی‌های مناسب در نظر گرفته شد. فرمولاسیون بهینه پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس شامل پوره هلو به غلظت ۴۰/۶، ژلاتین به غلظت ۴/۴۸ و رنگ به میزان ۰/۱۷ درصد بود. میزان سختی، چسبندگی، الاستیسیته، پیوستگی و قابلیت جویدن در فرمولاسیون بهینه به ترتیب ۱۷۹۹/۶، ۴۲۱/۷، ۲/۴۴، ۰/۵۱ و ۲۹۶۶/۶ با مطلوبیت کلی ۰/۸۶۵ برآورد شد.

کلیدواژگان: پاستیل، هلو، ژلاتین، آنالیز پروفایل بافت، روش سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: mkhomeiri@yahoo.com

۱- مقدمه

میوه‌های هسته‌دار از جمله هلو حاوی مقدار زیادی از مواد شیمیایی و رنگدانه‌ها (ترکیبات فنلی، اسید آسکوربیک، ویتامین E و کاروتنوئیدها) هستند که نقش اساسی در تغذیه سالم انسان ایفا می‌کنند [۱]. سالانه حدود هفت میلیون تن هلو در جهان تولید می‌شود که ایران با تولید ۶۰۰ هزار تن هشت درصد تولید این میوه در جهان را داشته و در رتبه ششم تولید هلو جهان قرار گرفته است. با توجه به سریع‌الفساد بودن هلو و هزینه‌های بالای نگهداری آن در سردخانه، راه‌اندازی صنایع تبدیلی و تکمیلی در این بخش اهمیت بالایی دارد تا با فرآوری این میوه هم در عرصه داخلی و هم صادراتی برای محصولات جدید و فرآوری شده این میوه بازار داشته باشیم و هم رونقی در بخش کشاورزی ایجاد شود [۲].

از جمله فراورده‌های نسبتاً جدید میوه‌ای، پاستیل است که ضمن بالا بودن ارزش تغذیه‌ای به دلیل کاهش فعالیت آبی، زمان ماندگاری بالایی دارد و جایگزین پاستیل‌های رایج در بازار که حاوی ژلاتین، اسید، رنگ، اسانس و سایر افزودنی‌های مصنوعی هستند، گردد [۳]. پاستیل میوه‌ای مورد نظر در این پژوهش فراورده‌ای است که پایه اصلی آن پوره میوه هلو، هیدروکلوئیدها و ترکیبات شیرین‌کننده می باشد. این فراورده را می‌توان از میوه‌های مازاد بر مصرف نیز تهیه نمود. تولید چنین فراورده‌ای در مقیاس تجاری علاوه بر جلوگیری از ضایعات میوه به دلیل طبیعی بودن و ارزش غذایی بالا به ویژه از نظر میزان مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبر، زمان ماندگاری بالا، طعم مطلوب، می‌تواند مورد توجه قشر وسیعی از جامعه قرار گیرد [۴].

رنگ‌ها از جمله مهمترین افزودنی‌های غذایی می‌باشند که نقش کلیدی در رفتار خرید مصرف‌کنندگان دارند. امروزه اثرات منفی رنگ‌های سنتزی بر سلامتی انسان به اثبات رسیده است. از سوی دیگر، رنگ‌دانه‌های طبیعی علاوه بر ایجاد ظاهری رنگی و مطلوب در مواد مختلف می‌توانند ویژگی‌های جدیدی را در محصول ایجاد کنند، مثل فعالیت‌های ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی [۵].

کاروتنوئیدها یکی از رنگدانه‌های مهم و پرکاربرد هستند که از منابع گیاهی و میکروبی به دست می‌آیند. این رنگدانه‌ها که متعلق به گروه شیمیایی پلی‌ان‌های ایزوپرنوئیدی^۱ هستند محلول در چربی بوده و رنگی زرد-قرمز ایجاد می‌کنند [۶]. رنگدانه‌های مجاز خوراکی و طبیعی بامنشأ گیاهی اشکالات متعددی از قبیل بی‌ثباتی در

برابر نور، گرما، pH، حلالیت، کم‌و‌اغلب عدم دسترسی آسان در طول سال را در پی دارند. امروزه پژوهشگران به دنبال تولید رنگدانه از میکروارگانیسم‌ها و استفاده از آنها در صنایع غذایی هستند. تولید رنگدانه از میکروارگانیسم‌ها با توجه به رشد سریع و آسان، محیط کشت ارزان، استخراج راحت‌تر، عدم وابستگی به شرایط جوی و گستردگی تنوع رنگ بیشتر نسبت به سایر منابع زیستی دارای مزایای بیشتری است [۷، ۸]. چندین میکروارگانیسم تولیدکننده رنگدانه شناخته شده‌اند مثل میکروکوکوس، باسیلوس، موناسکوس پورپورئوس^۲، رودوتورولا^۳، و فافیا^۴ در طبیعت به طور معمول یافت می‌شوند [۸]. مطالعات اخیر نشان داده است که استفاده از کاروتنوئیدهای با منشأ میکروبی در صنایع غذایی امکان‌پذیر است [۷، ۸].

بهینه‌سازی فرمولاسیون فراورده‌ها به منظور دستیابی به بهترین فرمولاسیون با صرف کمترین مقدار هزینه و زمان اهمیت دارد که روش‌های آماری مختلفی، مثل روش سطح پاسخ^۵ (RSM) برای این منظور مناسب است. RSM یک روش آماری مفید برای تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌شود. مزیت اصلی RSM کاهش تعداد آزمایشات مورد نیاز برای ارزیابی چندین متغیر و اثر متقابل آنها است [۹].

چندین پژوهش در رابطه با تولید پاستیل‌های میوه‌ای انجام شده است [۳، ۴، ۱۰-۱۲]. با این حال تا به امروز پژوهشی در رابطه با بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل هلو حاوی رنگدانه‌های کاروتنوئیدی استخراج شده از میکروارگانیسم‌ها انجام نشده است. از این‌رو، هدف از این پژوهش بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل هلو حاوی رنگدانه‌های کاروتنوئیدی استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس بود.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد

میکروکوکوس روزئوس (PTCC 5256) مورد استفاده در این پژوهش، از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شدند. کلیه محیط کشت‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه

2. *Monascus purpureus*
3. *Rhodotorula*
4. *Phaffia*
5. Response surface methodology

1. Polyenes isoprenoid

جهت بستن ژل و در ادامه به مدت ۶ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و پس از سرد شدن نمونه‌ها آزمایشات بر روی آن انجام شد [۱۵].

۲-۵- اندازه‌گیری رطوبت

به منظور تعیین میزان رطوبت نمونه‌های پاستیل، ۱۰ گرم از هر یک از نمونه‌ها درون پلیت شیشه‌ای قرار گرفته و درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. پس از خارج کردن از درون آون و توزین، میزان رطوبت بر مبنای وزن مرطوب از رابطه زیر محاسبه گردید [۴].

$$\text{رطوبت} = W_m - W_{ov} / W_m$$

در این رابطه W_m و W_{ov} به ترتیب وزن نمونه قبل و بعد از قرار دادن نمونه در آون می‌باشد.

۲-۶- اندازه‌گیری pH

pH مخلوط ژل آماده شده توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید.

۲-۷- بریکس

اندازه‌گیری بریکس مخلوط، توسط رفاکترمتر چشمی (مدل کارلز^۱، آلمان) صورت پذیرفت.

۲-۸- اندازه‌گیری پارامترهای بافتی

در این پژوهش برای آزمون پروفایل بافتی (TPA^2) جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تولیدی، از دستگاه آنالیزکننده^۳ بافت (استیل میکروسیستم^۴، انگلستان) و مجهز به نرم افزار کامپیوتری، استفاده گردید. پس از تولید، هر یک از نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی، توسط پروب سیلندری صفحه گرد با قطر ۳/۵ سانتیمتر، سرعت حرکت پروب ۶۰ میلی‌متر/دقیقه و نیروی ۵ گرم تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه فشرده^۵ و سپس فشارزدایی^۶ شدند. به کمک منحنی نیرو-تغییر شکل ویژگی‌های بافتی شامل سختی، چسبندگی، الاستیسیته، پیوستگی، و قابلیت جویدن بررسی شدند [۱۲].

و استفاده شد. مواد اولیه شامل پوره هلو به صورت آماده از کارخانه عالیس مشهد تهیه گردید، ژلاتین و هیدوروکلونید زانتان به ترتیب از شرکت‌های HiMedia و Sigma تهیه گردید. شیرین‌کننده‌های گلوکز و سوربیتول از شرکت مرک آلمان و شکر از یک فروشگاه واقع در شهرستان گرگان خریداری شد.

۲-۲- شرایط تولید رنگدانه

یک تک کلنی از کشت نوترینت آگار به ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت نوترینت براث انتقال داده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب گرم‌خانه‌گذاری شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از این محیط با کدورت ۰/۵ در طول موج ۶۰۰ نانومتر برای تلقیح در ۲۰ میلی‌لیتر محیط حاوی ۱۰ گرم بر لیتر گلوکز، ۱ گرم بر لیتر عصاره مخمر، ۲ گرم بر لیتر آمونیوم سولفات با pH ۷ مورد استفاده قرار گرفت و در انکوباتور چرخشی در ۱۵۰ دور بر دقیقه، دما و زمان تعیین شده به کمک طرح آماری گرم‌خانه-گذاری شد [۱۳].

۲-۳- استخراج رنگدانه

سلول‌های میکروکوکوس روزئوس با سانتریفیوژ در دور ۱۱۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه برداشت شد سپس با آب مقطر شستشو داده و دوباره در شرایط بالا سانتریفیوژ شد. به سلول‌های میکروکوکوکوس روزئوس استون اضافه و توسط هموژنایزر (US، Scilogex D500) هموژنیزه شد. سپس این سوسپانسیون سانتریفیوژ و مایع رویی آن پس از خشک‌شدن استفاده شد [۱۴].

۲-۴- فرمولاسیون و تهیه پاستیل

اجزای فرمولاسیون پاستیل شامل پوره هلو، شیرین‌کننده (گلوکز، سوربیتول و شکر)، زانتان، ژلاتین و رنگ استخراج شده از *M. roseus* استفاده شد. پوره هلو در پنج سطح (۲۰، ۲۸/۱، ۴۰، ۵۱/۹ و ۲۰ درصد)، ژلاتین در پنج سطح (۳/۲، ۴/۲، ۵/۳ و ۶ درصد) و رنگ استخراج شده از *M. roseus* نیز در سه سطح (۰/۰۵، ۰/۲۵، ۰/۱۷، ۰/۱۰ و ۰/۳ درصد) به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مقادیر گلوکز و پکتین ثابت و به ترتیب ۲ و ۰/۵ درصد در نظر گرفته شد. جهت تهیه پاستیل اجزای فرمولاسیون مخلوط و در آب حل شدند. در انتها پس از کنترل pH و درجه بریکس، مخلوط درون قالب ریخته و پس از سرد شدن در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت

1. Carlze
2. Texture profile analysis
3. Texture Analyzer
4. Stable microsystem
5. Compression
6. Decompression

۹-۲- اندازه گیری پارامترهای رنگی

به منظور ارزیابی پارامترهای رنگی نمونه‌ها، از هر فرمولاسیون سه قطعه به طور تصادفی انتخاب و تصاویر با استفاده از دوربین با زاویه ۹۰ درجه عمودی عکس‌برداری و تصاویر با فرمت JPG ذخیره می‌گردد. سایر مراحل پردازش تصویر با نرم افزار ImageJ 1.40g انجام گردید [۱۲].

۱۰-۲- ارزیابی حسی

به منظور بررسی اثر رنگ تولیدی بر خصوصیات حسی پاستیل هلو ارزیابی ویژگی‌های حسی انجام گرفت، که طی آن پاستیل هلو حاوی درصد‌های مختلف رنگ و نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. تست پانل به روش هدونیک پنج نقطه‌ای توسط

۱۰ نفر پانلیست انجام گرفت. ویژگی‌های مورد بررسی شامل رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی بودند [۱۳].

۱۱-۲- طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری

روش RSM مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی و آماری است که در بهینه‌سازی بسیاری از فرآیندهای مختلف بکار می‌رود. در بهینه‌سازی بسیاری از فرایندها به منظور تولید و استخراج که در آن‌ها چندین فاکتور موثر است، روش آماری سطح پاسخ کارایی بالایی از خود نشان می‌دهد [۹]. در این پژوهش اثر متغیرهای مستقل شامل غلظت پوره هلو (X_1)، غلظت ژلاتین (X_2) و غلظت رنگ (X_3)، هر یک در پنج سطح مورد ارزیابی قرار گرفت. در جدول ۱ متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر سطوح آنها نشان داده شده است.

Table 1 Uncoded and coded levels of the independent variables

Independent variables	symbol	Coded levels				
		-2	-1	0	+1	+2
Peach puree (%)	X_1	20	28.1	40	51.9	60
Gelatin (%)	X_2	2.5	3.2	4.2	5.3	6.0
Dye (%)	X_3	0.05	0.10	0.17	0.25	0.30

فاکتور باشد دارای قدرت پیش‌بینی بالا و دقت بیشتری خواهد بود [۹].

پس از انتخاب مدل مناسب به کمک جدول آنالیز واریانس، معنی‌دار بودن عبارات مختلف، در سطح ۹۵ درصد، بررسی گردید. مرحله آخر، بهینه‌سازی فرمولاسیون بود که هدف از آن کاهش میزان چسبندگی و افزایش مقادیر الاستیسیته، سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن بود. به‌وسیله مقدار مطلوبیت که بین ۰ تا ۱ است اعتبار شرایط بهینه مورد سنجش قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- گزینش مدل مناسب و تجزیه مدل برازش

یافته

نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی هر یک از فرمولاسیون‌های پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزنوس در در جدول ۲ قابل مشاهده است.

مدل مورد استفاده در روش RSM معمولاً معادله‌ی درجه دوم است. در روش RSM برای هر متغیر وابسته، مدلی تعریف شده که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می‌نماید، مدل چند متغیره به صورت زیر می‌باشد [۱۲].

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{44} X_4^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{14} X_1 X_4 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{24} X_2 X_4 + \beta_{34} X_3 X_4$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش‌بینی شده، β_0 ضریب ثابت و $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{44}$ اثر مربعی و $\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{23}, \beta_{24}, \beta_{34}$ اثرات متقابل می‌باشند. از نرم افزار Minitab 17 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شد

و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ صورت گرفت. چهار مدل مختلف، خطی، خطی-مربعی، خطی-برهم‌کنش و درجه دوم کامل را بر نتایج بدست آمده، اعمال شد و مدل‌های مختلف را بر اساس R^2 ، R^2 اصلاح شده، R^2 پیش‌بینی شونده مقایسه شد به صورتی که مدلی که دارای بیشترین مقادیر این سه

Table 2 The formulation and the experimental data for the responses

Formulation	X ₁	X ₂	X ₃	Moisture	pH	Bx	L*	a*	b*	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
1	40.0	4.25	0.30	24.54	3.50	11.5	22.12	38.69	53.88	1738	-430.3	2.22	0.501	3018
2	28.0	3.23	0.25	22.10	3.81	9.7	29.07	32.50	43.67	1618	-491.7	2.34	0.418	2581
3	40.0	4.25	0.05	24.39	3.57	10.7	40.64	19.78	28.38	1734	-440.2	2.29	0.497	3014
4	51.9	3.23	0.25	23.97	3.38	12.1	26.87	33.81	47.84	1694	-465.5	2.25	0.445	2661
5	51.9	3.23	0.10	23.91	3.38	11.8	38.93	23.27	35.57	1688	-466.8	2.32	0.435	2645
6	40.0	4.25	0.17	24.45	3.59	11.1	34.50	26.87	39.97	1755	-433.5	2.48	0.495	2877
7	28.1	5.30	0.10	25.68	3.86	9.9	38.31	21.89	32.45	1761	-417.1	2.19	0.506	3079
8	51.9	5.30	0.25	27.14	3.40	12.8	23.11	35.98	49.17	1980	-392.5	1.97	0.518	3224
9	28.1	5.30	0.25	25.64	3.85	9.9	25.97	31.50	44.57	1850	-418.7	2.09	0.509	3103
10	40.0	4.25	0.17	24.46	3.57	10.9	34.24	27.03	42.37	1762	-437.1	2.60	0.496	2893
11	60.0	4.25	0.17	26.87	3.23	12.9	30.47	32.97	44.83	1788	-409.4	2.12	0.521	3110
12	28.1	3.21	0.10	22.06	3.82	9.4	40.21	21.22	29.89	1626	-489.2	2.34	0.413	2559
13	40.0	2.5	0.17	21.88	3.47	10.5	37.04	26.02	37.74	1558	-518.6	2.39	0.392	2468
14	20.0	4.25	0.17	25.99	3.94	8.9	35.98	23.40	30.38	1691	-469.1	2.27	0.439	2627
15	51.9	5.29	0.10	27.08	3.41	12.4	38.03	23.61	33.50	1967	-397.2	1.99	0.527	3189
16	40.0	4.25	0.17	24.44	3.56	10.8	34.41	27.08	41.75	1768	-425.5	2.47	0.493	2858
17	40.0	4.25	0.17	24.39	3.58	10.9	34.35	27.10	43.03	1765	-428.1	2.46	0.497	2887
18	40.0	4.25	0.17	24.48	3.57	10.8	34.30	27.15	42.25	1760	-430.7	2.44	0.497	2851
19	40.0	6.00	0.17	27.15	3.63	11.9	28.89	28.50	38.69	2086	-375.5	1.91	0.577	3470
20	40.0	4.25	0.17	24.49	3.58	10.7	34.21	26.98	41.17	1780	-428.7	2.43	0.498	2901

$$a^* = 27.767 + 1/878 X_1 + 0.465 X_2 + 5/536 X_3$$

$$b^* = 41.732 + 2/914 X_1 + 0.316 X_2 + 7/082 X_3 -$$

$$1/306 X_1^2 - 1/090 X_2^2 - 0/060 X_3^2$$

$$\text{سختی} = 176/45 + 46/65 X_1 + 133/27 X_2 + 7/81 X_3$$

$$\text{چسبندگی} = -430/56 + 14/28 X_1 + 38/69 X_2 + 1/36$$

$$X_3 - 3/32 X_1^2 - 6/07 X_2^2 - 1/90 X_3^2$$

$$\text{الاستیسیته} = 2/480 - 0/050 X_1 - 0/133 X_2 - 0/022 X_3 -$$

$$0/100 X_1^2 - 0/116 X_2^2 + 0/079 X_3^2$$

$$\text{پیوستگی} = 0/484 + 0/016 X_1 + 0/048 X_2 + 0/001 X_3$$

$$\text{قابلیت جویدن} = 2900/75 + 88/55 X_1 + 280/75 X_2 +$$

$$7/60 X_3$$

پس از مقایسه R^2 مدل‌های مختلف که در جدول ۳ مشخص

شده، مدل خطی برای ویژگی‌های pH، بریکس، a^* ، سختی،

پیوستگی و قابلیت جویدن و مدل‌های خطی-مربعی سایر

ویژگی‌های مناسب در نظر گرفته شد. مدل مناسب برای هر یک

از پاسخ‌ها به صورت زیر است:

$$\text{رطوبت} = 24/467 + 0/593 X_1 + 1/637 X_2 + 0/027 X_3 +$$

$$0/598 X_1^2 - 0/080 X_2^2 - 0/097 X_3^2$$

$$\text{pH} = 3/585 - 0/217 X_1 + 0/029 X_2 - 0/011 X_3$$

$$\text{بریکس} = 10/980 + 1/240 X_1 + 0/319 X_2 + 0/172 X_3$$

$$L^* = 34/330 - 1/163 X_1 - 1/711 X_2 - 5/975 X_3 -$$

$$0/361 X_1^2 - 0/453 X_2^2 - 1/013 X_3^2$$

Table 3 The statistics of the four fitted models

Models	Statistics	Responses										
		Moisture	pH	Bx	L*	a*	b*	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Linear	R ²	84.36	97.60	97.60	94.69	95.60	91.64	91.07	95.69	42.12	90.06	93.70
	R ² -adj	81.43	96.50	97.35	93.69	94.77	90.08	89.39	94.89	31.27	88.20	92.52
	R ² -pred	72.40	94.70	96.12	91.32	92.39	86.10	83.68	93.40	21.94	83.35	88.76
Linear-squares	R ²	96.04	97.62	98.45	97.70	97.30	96.02	94.27	98.39	95.70	94.66	95.78
	R ² -adj	94.21	96.53	97.71	96.63	96.06	94.19	91.62	97.65	93.71	92.19	93.84
	R ² -pred	82.09	89.22	95.10	92.16	89.16	86.60	80.61	93.85	92.48	76.22	81.02
Linear-interactions	R ²	84.54	97.03	97.90	95.31	95.91	92.00	93.31	95.76	42.99	90.32	93.75
	R ² -adj	77.41	95.13	96.93	93.15	94.02	88.30	90.23	93.80	16.68	85.87	90.86
	R ² -pred	66.72	87.13	94.39	85.94	85.67	77.86	78.06	87.29	0.00	57.42	80.79
Full quadratic	R ²	96.22	97.64	98.75	98.22	97.61	96.38	96.51	98.45	96.57	94.93	95.83
	R ² -adj	92.81	95.52	97.63	96.81	95.46	93.12	93.37	97.06	93.48	90.36	82.08
	R ² -pred	71.42	82.68	92.85	78.22	81.43	75.99	73.73	90.45	90.69	61.68	69.35

جدول آنالیز واریانس برای ارزیابی معنی‌داری استفاده شد. برای هر یک از عبارت‌های مدل یک مقدار F و یک مقدار P مشخص شده که هر چقدر میزان F بیشتر و میزان P کمتر باشد عبارت مورد نظر تاثیر بیشتری در میزان پاسخ و درواقع میزان معنی‌داری بیشتری خواهد داشت [۹]. از این‌رو، غلظت پوره هلو بیشترین اثر را بر pH و بریکس، و غلظت رنگ بیشترین اثر را بر L^* ، a^* و b^* ، و غلظت ژلاتین بیشترین اثر را بر رطوبت، سختی، چسبندگی، الاستیسیته، پیوستگی و قابلیت جویدن داشت (جدول ۴). با توجه به جدول آنالیز واریانس مدل برای مقدار رطوبت پاستیل اثر عبارت‌های خطی غلظت پوره هلو و ژلاتین و عبارت درجه دوم غلظت پوره هلو معنی‌دار بودند ($P < 0.05$). همه‌ی عبارت‌های خطی اثر معنی‌داری بر میزان بریکس پاستیل هلو داشتند ($P < 0.05$). تنها عبارت‌های خطی غلظت پوره هلو و ژلاتین اثر معنی‌داری بر میزان pH ، سختی، پیوستگی و قابلیت

جویدن پاستیل هلو داشتند ($P < 0.05$). همه‌ی عبارت‌های خطی و عبارت درجه دوم رنگ اثر معنی‌داری بر میزان L^* داشتند ($P < 0.05$). تنها عبارت‌های خطی غلظت پوره هلو و رنگ اثر معنی‌داری بر میزان a^* داشتند ($P < 0.05$). عبارت‌های خطی غلظت پوره هلو و رنگ و عبارت‌های درجه دوم غلظت پوره هلو و ژلاتین اثر معنی‌داری بر میزان b^* داشتند ($P < 0.05$). عبارت‌های خطی غلظت پوره هلو و ژلاتین و عبارت‌های درجه دوم غلظت پوره هلو و ژلاتین بر میزان چسبندگی پاستیل و همه‌ی عبارت‌های خطی و درجه دوم به غیر از عبارت خطی رنگ بر میزان الاستیسیته پاستیل اثر معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$). عدم برازش مدل‌های انتخاب شده برای هر همه‌ی پاسخ‌ها بجز pH معنی‌دار نبود ($P > 0.05$) که نشان‌دهنده‌ی دقت مناسب مدل‌های انتخاب شده است.

Table 4 ANOVA of the models for the responses

Source	DF	Mean of squares (MS)	Moisture				pH				Bx				L*	
			F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
Regression	6	786	5257	0.00	3	0.22	175.79	0.00	3	759	21682	0.00	6	9391	9191	0.000
Linear	3	1381	9236	0.00	3	0.22	175.75	0.00	3	759	21682	0.00	3	1820	178.1	0.000
X_1	1	480	32.13	0.00	1	0.64	516.73	0.00	1	2098	59929	0.00	1	185	18.1	0.001
X_2	1	3662	1045	0.00	1	0.01	9.37	0.01	1	139	3966	0.00	1	400	39.13	0.000
X_3	1	0.01	0.04	0.70	1	0.01	1.28	0.274	1	0.40	11.51	0.01	1	4876	477.3	0.000
Square	3	1.91	12.78	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5.8	5.67	0.010
X_1^2	1	5.15	34.46	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.9	1.84	0.198
X_2^2	1	0.09	0.60	0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2.9	2.89	0.113
X_3^2	1	0.13	0.90	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.48	1.448	0.002
Interaction	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X_1X_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X_1X_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X_2X_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Residual error	13	0.15	—	—	0.16	0.001	—	—	16	0.03	—	—	13	1.0	—	—
Lack of fit	8	0.24	527	0.06	11	0.002	16.01	0.003	11	0.04	227	0.19	8	1.6	0.08	0.25
Pure error	5	0.002	—	—	5	0.002	—	—	5	0.001	—	—	5	0.1	—	—

Table 4 ANOVA of the models for the responses (continued)

Table 1: ANOVA of the models for the responses (continued)																
		a*				b*				Hardness				Adhesiveness		
Source	DF	Mean of squares (MS)	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
Regression	3	022	175.79	0.00	6	140.1	52.34	0.000	3	91033	54.75	0.00	6	3984	1323	0.000
Linear	3	022	175.75	0.00	3	265.5	99.90	0.000	3	91033	54.75	0.00	3	7751	257.4	0.000
X ₁	1	064	516.73	0.00	1	116.1	43.32	0.000	1	29724	17.76	0.00	1	2787	92.32	0.000
X ₂	1	001	937	0.016	1	1.36	0.51	0.480	1	242541	144.88	0.00	1	20441	678.5	0.000
X ₃	1	001	128	0.00	1	685.5	255.8	0.000	1	834	0.50	0.49	1	252	0.80	0.370
Square	-	-	-	-	3	12.79	4.78	0.020	-	-	-	-	3	218	7.78	0.004
X ₁ ²	-	-	-	-	1	2485	9.18	0.015	-	-	-	-	1	158	5.18	0.039
X ₂ ²	-	-	-	-	1	1737	64	0.025	-	-	-	-	1	537	17.64	0.005
X ₃ ²	-	-	-	-	1	0.05	0.02	0.892	-	-	-	-	1	52	1.72	0.211
Interaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₁ X ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₁ X ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X ₂ X ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Residual error	16	1.35	-	-	13	2.67	-	-	16	1674	-	-	13	30.1	-	-
Lack of fit	11	1.96	2.87	0.11	8	3.63	3.14	0.11	11	2402	7.87	0.05	8	38.1	22	0.21
Pure error	5	0.002	-	-	5	1.15	-	-	5	0.002	-	-	5	173	-	-

Table 4 ANOVA of the models for the responses (continued)

Source	DF	Springiness			Cohesiveness				Chewiness			
		MS	F	P	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
Regression	6	0.107	48.21	0.000	3	0.017	48.21	0.000	3	394770	79.21	0.000
Linear	3	0.094	42.43	0.000	3	0.017	42.43	0.000	3	394770	79.21	0.000
X ₁	1	0.034	15.34	0.001	1	0.003	15.34	0.001	1	107083	21.34	0.001
X ₂	1	0.242	108.8	0.000	1	0.032	108.8	0.000	1	1076438	216.8	0.007
X ₃	1	0.007	3.12	0.100	1	0.000	3.12	0.100	1	788	0.12	0.270
Square	3	0.120	53.96	0.000	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₁ ²	1	0.144	64.96	0.000	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₂ ²	1	0.194	87.25	0.000	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₃ ²	1	0.091	40.34	0.000	–	–	–	–	–	–	–	–
Interaction	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₁ X ₂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₁ X ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
X ₂ X ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Residual error	13	0.002	–	–	16	0.001	–	–	16	4975	–	–
Lack of fit	8	0.001	0.38	0.925	11	0.001	3.88	0.075	11	7058	11.88	0.055
Pure error	5	0.004	–	–	5	0.004	–	–	5	393	–	–

۳-۲- اثر متغیرهای مستقل بر میزان ویژگی‌های

پاستیل

شکل ۱ اثر متقابل غلظت پوره هلو و ژلاتین بر میزان رطوبت پاستیل را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، میزان رطوبت با افزایش

غلظت ژلاتین افزایش یافت. رطوبت بیانگر میزان آب آزاد نمونه است که در اثر خشک کردن خارج می‌شود و با توجه به اینکه ژلاتین به دلیل ساختمان هیدروفیلی خود توانایی حفظ آب بالایی داشته که منجر به افزایش رطوبت نمونه‌ها شده است [۱۶]. از سوی دیگر، میزان رطوبت پاستیل با افزایش پوره هلو ابتدا ثابت

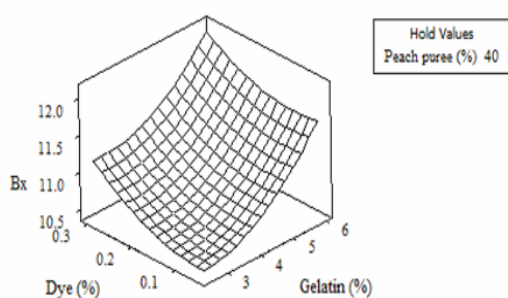


Fig 3 (a) The interactive effect of gellatin and dye on brix of peach pastille

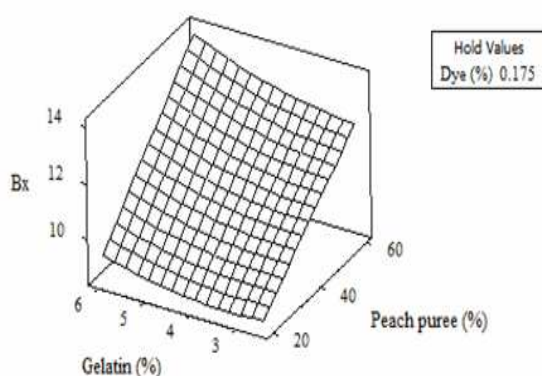


Fig 3 (b) The interactive effect of gellatin and peach puree on brix of peach pastille

مطابق شکل ۴ (آ)، میزان L^* با افزایش غلظت ژلاتین و پوره هلو افزایش یافت. احتمالاً افزایش رطوبت ناشی از افزایش مقدار ژلاتین و پکتین (موجود در پوره هلو) در فرمولاسیون، رنگ نمونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و از میزان شدت رنگ و تیرگی نمونه‌های پاستیل کاسته است. خلیلیان و همکاران [۱۱] 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^* می‌گردد. افزایش غلظت رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس منجر به کاهش پارامتر رنگی L^* پاستیل هلو شد (شکل ۴ (ب)). رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزئوس ماهیت کاروتنوئیدی داشته و دارای رنگی نارنجی-قرمز هستند و باعث کاهش میزان روشنایی (L^*) می‌شوند [۱۲].

و در ادامه افزایش قابل توجهی داشت. این افزایش میزان رطوبت می‌تواند مرتبط با میزان پکتین موجود در پوره هلو باشد. مواد صمغی از جمله پکتین می‌توانند در افزایش میزان رطوبت فراورده‌ی غذایی نقش داشته باشند [۱۱].

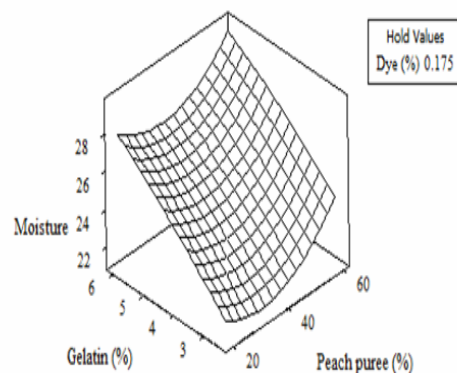


Fig 1 The interactive effect of gellatin and peach puree on moisture of peach pastille

مطابق شکل ۲، pH پاستیل با افزایش میزان پوره هلو کاهش یافت که به دلیل اسیدی بودن پوره هلو است. با افزایش میزان ژلاتین pH پاستیل به آرامی افزایش یافت که به علت نسبتاً قلیایی بودن ترکیب آن است [۱۷]. Fiszman و همکاران [۱۷] مشاهده نمودند که pH ماست با افزودن ژلاتین به آن در مقایسه با نمونه شاهد افزایش می‌یابد.

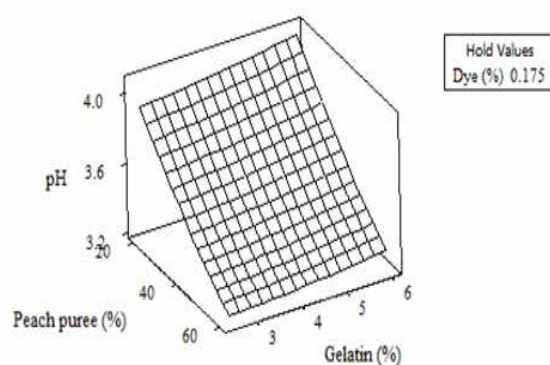


Fig 2 The interactive effect of gellatin and peach puree on pH of peach pastille

شکل ۳ (آ) اثر متقابل غلظت رنگ و ژلاتین بر میزان بریکس پاستیل را نشان می‌دهد. بریکس پاستیل با افزایش غلظت‌های رنگ و ژلاتین، افزایش یافت. بریکس پاستیل با افزایش غلظت پوره هلو نیز به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل ۳ (ب)).

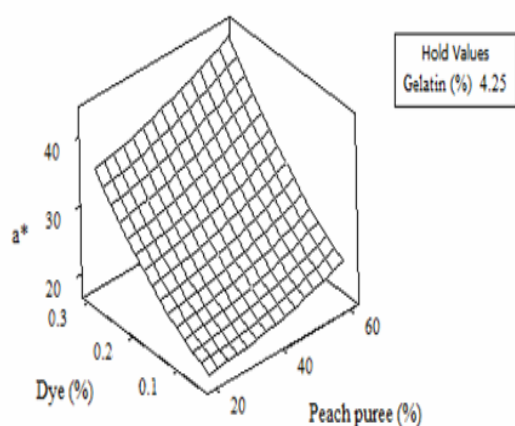


Fig 5 The interactive effect of dye and peach puree on a^* value of peach pastille

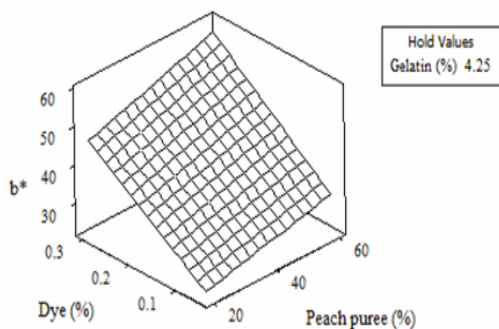


Fig 6 The interactive effect of dye and peach puree on b^* value of peach pastille

شکل ۷ اثر متقابل غلظت پوره هلو و ژلاتین بر میزان سختی پاستیل را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، میزان سختی با افزایش غلظت پوره هلو و ژلاتین افزایش یافت (شکل ۷). ژلاتین از جمله هیدروکلوئیدهای ژل‌ساز است. احتمالاً با افزایش میزان ژلاتین در فرمولاسیون نمونه‌ها، استحکام ژل نهایی بیشتر شده و لذا سختی بافت نیز افزایش یافته است. پکتین نیز می‌تواند باعث افزایش ویسکوزیته، پایداری و قوام، همچنین بهبود تعلیق مواد در سیستم‌های غذایی و به ویژه برای تولید ژل استفاده شود. خواص کاربردی پکتین به اندازه مولکول و میزان استری بودن اسید گالاتورونیک بستگی دارد [۳]. خزایی‌پول و همکاران [۴] گزارش نمودند که سختی پاستیل بر پایه پوره کیوی با افزایش میزان هیدروکلوئیدهای گوار و آگار افزایش یافت.

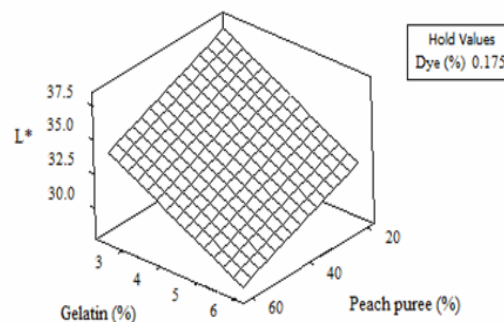


Fig 4 (a) The interactive effect of gelatin and peach puree on L^* value of peach pastille

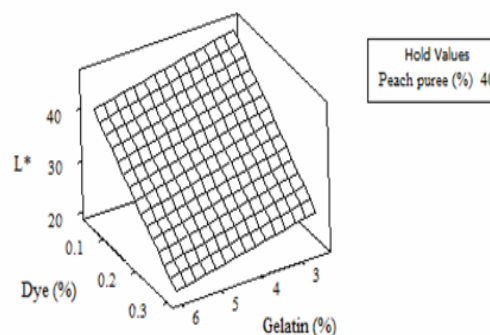


Fig 4 (b) The interactive effect of gelatin and dye on L^* value of peach pastille

شاخص‌های رنگی قرمزی (a^*) و زردی (b^*) پاستیل با افزایش میزان پوره هلو و رنگ افزایش یافت که به علت کاروتنوئیدهای موجود در این دو جزء می‌باشد (شکل‌های ۵ و ۶). کاروتنوئیدها با داشتن رنگی نارنجی تا قرمز باعث افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی مواد غذایی می‌شوند [۱۲]. Van het Hof و همکاران [۱۸] گزارش نمودند که پکتین با پوشش اطراف مولکولهای بتاکاروتن می‌تواند آنها را از در معرض قرار گرفتن اکسیژن و سایر عوامل تخریب کننده محافظت نماید. این طور به نظر می‌رسد که ژلاتین و پکتین موجود در پوره هلو توانایی محافظت از کاروتن-ها را در فرمولاسیون پاستیل هلو هم در برابر حرارت خشک‌کن و هم سایر عوامل مخرب دارد.

مشاهده شد (شکل ۹). کاهش الاستیسیته پاستیل هلو در مقادیر بالای ژلاتین عکس رفتار هیدروکلوئیدها بر روی ویژگی سختی است. ژلاتین یک شبکه ژلی مستحکم را ایجاد می‌کند که شکننده بوده و حالت الاستیک کمی دارد. نتایج این پژوهش با مشاهدات Ben-zio و Nussinovitch [۱۹] مشابه است. آنها اثر دو صمغ گالاکتومانان، گوار و لوبیای (لوکاست را روی ویژگی های بافتی ژل آگار به همراه پالپ میوه را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد با افزایش غلظت گالاکتومانان ها شکنندگی ژل آگار کاهش می‌یابد. شهیدی و همکاران [۱۲] گزارش نمودند که ویژگی فنری (الاستیسیته) پاستیل هویج با افزایش میزان نشاسته کاهش پیدا می‌کند.

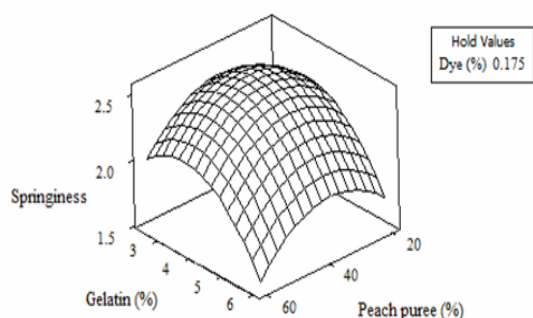


Fig 9 The interactive effect of gellatin and peach puree on springiness of peach pastille

میزان پیوستگی پاستیل هلو با افزایش غلظت پوره و ژلاتین افزایش یافت بطوری‌که بیشترین میزان پیوستگی در غلظت‌های ۶۰ درصد پوره هلو و ۶ درصد ژلاتین مشاهده شد (شکل ۱۰). پیوستگی مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به وسعت برهمکنش های مولکولی اجزای فرمولاسیون بستگی دارد. ژل آگار شبکه ای پیوسته و متراکمی ایجاد می نماید که باعث می شود اجزای فرمولاسیون به صورت ساختاری منسجم کنار یکدیگر قرار گیرند. پدیده سینرژی می تواند در نتیجه پیوستگی مولکول های هیدروکلوئیدی مختلف و ایجاد برهمکنش بین مولکولی آنها باشد [۲۰]. Hernandez و همکاران [۲۱] گزارش نمودند که تغییر در پیوستگی بافت در ژل های میوه ای بستگی به غلظت هیدروکلوئید مصرفی و پالپ میوه دارد. خزایی‌پول و همکاران [۴] و شهیدی و همکاران [۱۲] گزارش نمودند که با

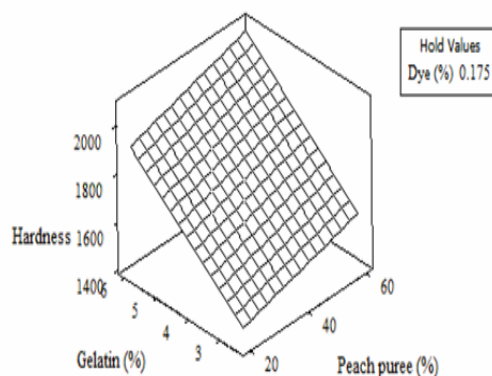


Fig 7 The interactive effect of gellatin and peach puree on hardness of peach pastille

همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است، شدت چسبندگی در پاستیل هلو با افزایش میزان ژلاتین و پوره هلو کاهش یافت. احتمالاً با افزایش درصد ژلاتین و پکتین موجود در پوره هلو میزان باند شدن آب بیشتر شده و اجزای فرمولاسیون به صورت ساختار متراکم‌تری در کنار یکدیگر قرار گرفته و چسبندگی فراورده کاهش یافته است. خزایی‌پول و همکاران [۴] و شهیدی و همکاران [۱۲] که از هیدورکلوئیدها به‌ترتیب در پاستیل‌های کیوی و هویج استفاده نمودند به نتایج مشابهی دست یافتند.

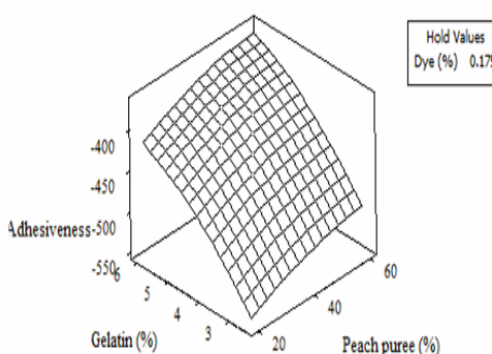


Fig 8 The interactive effect of gellatin and peach puree on adhesiveness of peach pastille

شکل ۹ اثر متقابل غلظت پوره هلو و ژلاتین بر میزان الاستیسیته پاستیل را نشان می‌دهد. الاستیسیته پاستیل هلو با افزایش غلظت ژلاتین و پوره هلو ابتدا به مقدار کمی افزایش یافت و در ادامه بطور قابل توجهی کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان الاستیسیته را در مقادیر ۳/۸ درصد ژلاتین و ۴۰ درصد پوره هلو

۳-۳- بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل

در فرایند بهینه‌سازی، اهمیت پاسخ‌ها با یکدیگر برابر در نظر گرفته شد و بهینه‌سازی فرمولاسیون با تکنیک بهینه‌سازی عددی انجام شد [۹]. پوره هلو به غلظت ۴۰/۶۰، ژلاتین به غلظت ۴/۴۸ و رنگ به میزان ۰/۱۷ درصد به عنوان فرمول بهینه پاستیل هلو حاوی رنگدانه‌های استخراج شده از میکروکوکوس روزنوس یافت شد. میزان سختی، چسبندگی، الاستیسیته، پیوستگی و قابلیت جویدن در فرمولاسیون بهینه به ترتیب ۱۷۹۹/۶، ۴۲۱/۷، ۲/۴۴ و ۰/۵۱ و ۲۹۶۶/۶ برآورد شد. مقدار مطلوبیت کلی برای پاسخ‌ها ۰/۸۶۵ مشاهده شد.

۳-۴- ارزیابی حسی

مطابق نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزنوس، افزودن غلظت‌های مختلف رنگ اثر چشمگیری بر طعم، بو و بافت نمونه‌ها نداشت (شکل ۱۲). این امر احتمالاً به این دلیل است که غلظت رنگ بکار رفته در نمونه‌های پاستیل در حدی است که تاثیر نامطلوبی بر این خصوصیات نمی‌گذارد. در مورد رنگ، نمونه‌های حاوی ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی داری داشت ($p < 0.05$)؛ نمونه‌ی ۰/۰۲ درصد رنگ مطلوبیت بیشتری نسبت به نمونه‌های دیگر داشت. در مورد پذیرش کلی، نمونه ۰/۰۲ درصد رنگ اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها و مطلوبیت بیشتری داشت ($p < 0.05$).

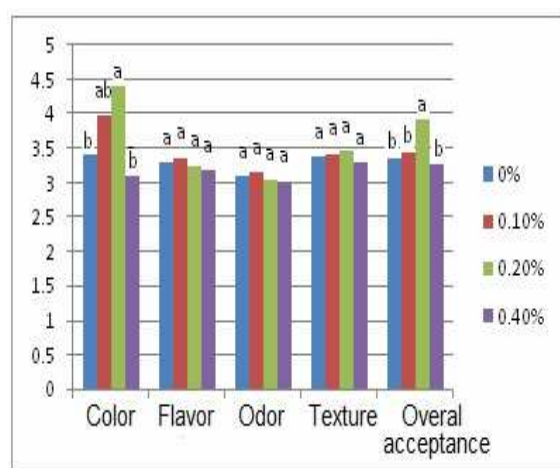


Fig 12 Sensory evaluation of peach pastille containing different dye percentages

افزایش میزان هیدروکلوئیدها پیوستگی پاستیل‌های میوه‌ای افزایش می‌یابد.

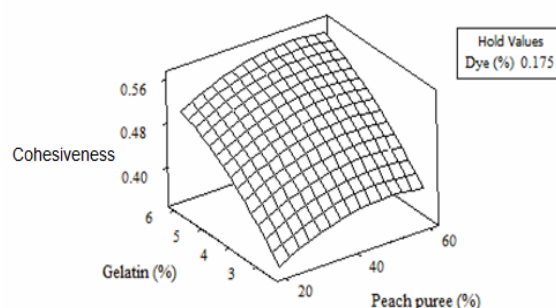


Fig 10 The interactive effect of gellatin and peach puree on cohesiveness of peach pastille

همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص است قابلیت جویدن پاستیل با افزایش میزان ژلاتین و پوره هلو افزایش یافت. ژل‌های منسجم‌تر به مدت طولانی‌تری جویده می‌شوند. جویدن باعث شکست ساختار غذا و افزایش سطح نواحی در دسترس برای پخش مواد معطر می‌گردد که این مسئله افزایش رهاسازی طعم را به دنبال دارد. در بخش مربوط به پیوستگی بافت، نتایج نشان داد که با افزایش هر دو هیدروکلوئید پیوستگی و انسجام نمونه‌ها افزایش یافته است. بنابراین می‌توان گفت که این افزایش پیوستگی ناشی از هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون، منجر به افزایش قابلیت جویدن نمونه‌ها گردیده است [۲۲].

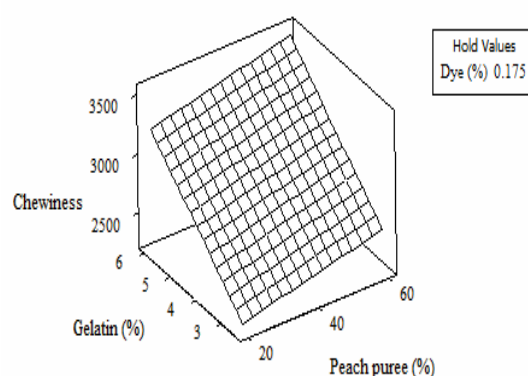


Fig 11 The interactive effect of gellatin and peach puree on chewiness of peach pastille

۴- نتیجه گیری

فرمولاسیون بهینه پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزنوس شامل پوره هلو به غلظت ۴/۶۰، ژلاتین به غلظت ۴/۴۸ و رنگ به میزان ۰/۱۷ درصد بود. میزان سختی، چسبندگی، الاستیسیته، پیوستگی و قابلیت جویدن در فرمولاسیون بهینه به ترتیب ۱۷۹۹/۶، ۴۲۱/۷، ۲/۴۴، ۰/۵۱ و ۲۹۶۶/۶ اندازه گیری شد. نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر کارایی بالای روش سطح پاسخ در بهینه سازی فرمولاسیون پاستیل هلو حاوی رنگ استخراج شده از میکروکوکوس روزنوس بود.

۵- منابع

- [8] Dufossé, L. (2006). Microbial production of food grade pigments. *Food Technol. Biotechnol.* 44(3), 313-323.
- [9] Yolmeh, M., & Najafzadeh, M. (2014). Optimisation and modelling green bean's ultrasound blanching. *Int. J. Food Sci. Technol.* 49(12), 2678-2684.
- [10] Basiri, Sh., Shahidi, F. 2017. Investigation on the effects of different amounts of gellatin and guar on texture, organoleptic and color properties of white mulberry pastille. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13, 1-13
- [11] Khalilian, S. , Shahidi, F., Elahi, M., Mohebi, M. 2014. Evaluation of sensory properties and color parameters fruit pastille based on cantaloupe puree. *Iranian journal of food science and technology* 42, 19-30
- [12] Shahidi, F., Khalilian, S., Mohebbi, M., Khazaei, E., Maghami Kia H. 2013. Evaluation effects starch and guar on textural parameters, color parameters and acceptance of carrot pastille. 4 (2), 15-28
- [13] Umadevi, K., Krishnaveni, M., 2013. Antibacterial activity of pigment produced from *Micrococcus luteus* KF532949. *Int. J. Chem. Anal. Sci.* 4, 149-152.
- [14] Bhosale P, Gadre R (2001) Production of β -carotene by a mutant of *Rhodotorula glutinis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol* 55: 423-427
- [15] Maghamikia, H., Shahidi, F., Khalilian, S., Mohammadi Sani, A., 2013. The possibility of using natural sweeteners (white and red grape concentrate) in formulation of soy milk pastille. The 21st National Congress of Food and Science of Iran. Shiraz University
- [16] Karim, A. A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloid.* 23(3), 563-576.
- [17] Fiszman, S.M., Lluch, M.A., Salvador, A. (1999). Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *Int. Dairy J.*, 9, 895-901
- [28] Van het Hof, K.H., de Boer, B.C.J., Tijburg, L.B.M., Lucius, B.R.H.M., Zijp, I., and West, C.E. 2000. Carotenoid bioavailability in humans from tomatoes processed in different ways determined from the carotenoid response in the triglyceride-rich
- [1] Rahmati, M., Davoodinezhadm Gh., Ghani, A., Attar, Sh. 2014. Study of physicochemical properties and antioxidant activity of some commercial varieties of peach fruit. *Plant production* 36. 81-93.
- [2] Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S., & Martin-Belloso, O. (1999). Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chem.* 65(2), 175-181.
- [3] Apple pastille formulation and evaluation of different formula based on sensory properties and water activity. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7, 129-137.
- [4] Khazaei Pool, E., Shahidi, F., Mortazavi, S.A., Mohebbi, M. 2014. Kiwi fruit pastille formulation and the effect of different concentrations of agar and guar crossing moisture and texture and sensory properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10, 27-37.
- [5] Yolmeh, M., Najafi, M. B. H., Farhoosh, R., & Salehi, F. (2014). Modeling of antibacterial activity of annatto dye on *Escherichia coli* in mayonnaise. *Food Biosci.* 8, 8-13.
- [6] Frengova GI, Beshkova DM. Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: Yeasts of biotechnological importance. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2009; 36: 163-180.
- [7] Tuli, H. S., Chaudhary, P., Beniwal, V., & Sharma, A. K. (2015). Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives. *J. Food Sci. Technol.* 52(8), 4669-4678.

- food hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- [21] Hernandez, M.J., Duran L., Costell E., 1999, Influence of composition on mechanical properties of strawberry gels. Compression test and texture profile analysis. Food Sci. Technol. Int. 5: 79-87.
- [22] Boland A.B., Delahunty C.M., Van Ruth S.M., 2006, Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavor release and perception. Food Chem. 96:452-460.
- lipoprotein fraction of plasma after a single consumption and in plasma after 4 days of consumption. J. Nut. 130, 1189-1196.
- [19] Ben-zion, O and Nussinovitch., 1997. A prediction of the compressive deformabilities of multilayered gels and texturized fruit, glued together by three different adhesion techniques. Food Hydrocolloid. 11(3), 253-260.
- [20] Williams, P. A. and Phillips, G. O., 2000, Handbook of hydrocolloid, Introduction to

Peach pastille formulation containing carotenoid pigment extracted from *Micrococcus roseus* and optimization of its physicochemical and textural properties

Yolmeh, M. ¹, Khomeiri, M. ^{2*}, Ghorbani, M. ², Ghaemi, E. A. ³, Ramezanpour, S. S. ⁴

1. Ph. D. student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3. Professor, Department of Microbiology, Golestan University of medical sciences, Gorgan, Iran

4. Associate Professor, Department of Plant Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 2016/06/01 Accepted: 2017/05/06)

Peach is a rich source of β -carotene pigments, which it seems, along with antioxidant compounds may have effective role in preventing from activity of free radicals in body. Formulation of novel fruit products is a good topic for many researches and related to this many of natural additive compounds have been used in their formulation. Hence, the aim of this study was to optimize the formulation of peach pastille containing the dye extracted from *Micrococcus roseus* through response surface methodology. In order to effect of the three factors, peach puree (20-60%), gelatin (2.5-6%), and the extracted dye (0.05-0.3%) was evaluated on some physicochemical and textural properties of peach pastille through central composite design. Linear model was suitable for pH, brix, a^* , hardness, cohesiveness and chewiness properties, however linear-square model was suitable for the other properties. The optimum formulation of peach pastille containing the dye extracted from *M. roseus* was included 40.6% peach puree, 4.48 %gelatin and 0.17% dye. At this optimum formulation the hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness and chewiness properties were observed 1799.6, -421.7, 2.44, 0.51 and 2966.6, respectively; with 0.865 general desirability.

Keywords: Pastille, Peach, Gelatin, Texture profile analysis, Response surface methodology

* Corresponding Author E-Mail Address: mkhomeiri@yahoo.com