



بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز و کاربرد آن در پاستیل کم کالری فراسودمند

عاطفه اسماعیلیان^۱، فرشته حسینی^{۲*}، حامد صابریان^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی جهاددانشگاهی کاشمر

۲- استادیار گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی:

رنگ طبیعی،

آنتوسیانین،

کلم قرمز،

پاستیل فراسودمند.

DOI: 10.29252/fsct.18.01.12

* مسئول مکاتبات:

freshstehosseini@yahoo.com

هدف از این پژوهش بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز و کاربرد این رنگدانه طبیعی همراه با مقادیر مختلف استویوزاید به جای ساکارز، در پاستیل کم کالری فراسودمند می‌باشد. در این پژوهش بهینه‌سازی استخراج آنتوسیانین از پودر کلم قرمز به روش ماسراسیون انجام شد. متغیرهای استخراج شامل نوع حلال (آب اسیدی، اتانول اسیدی، آب اسیدی- اتانول اسیدی به نسبت ۵۰:۵۰)، نسبت حلال به ماده جامد (۱/۲۰، ۱/۳۰، ۱/۴۰)، دمای استخراج (۴۰°C-۶۰-۸۰) و زمان استخراج (۱ h-۲-۳) بود. آنتوسیانین استخراج شده در تولید پاستیل کم کالری فراسودمند به عنوان سیستم مدل غذایی بکار گرفته شد. متغیرهای این بخش شامل سه سطح استویوزاید (۰/۰۵-۰/۱-۰/۱۵-۰/۲۰-۰/۳۰-۰/۴۰-۰/۵۰-۰/۶۰-۰/۷۰-۰/۸۰-۰/۹۰-۰/۱۰۰-۰/۱۱۰-۰/۱۲۰-۰/۱۳۰-۰/۱۴۰-۰/۱۵۰-۰/۱۶۰-۰/۱۷۰-۰/۱۸۰-۰/۱۹۰-۰/۲۰۰-۰/۲۱۰-۰/۲۲۰-۰/۲۳۰-۰/۲۴۰-۰/۲۵۰-۰/۲۶۰-۰/۲۷۰-۰/۲۸۰-۰/۲۹۰-۰/۳۰۰-۰/۳۱۰-۰/۳۲۰-۰/۳۳۰-۰/۳۴۰-۰/۳۵۰-۰/۳۶۰-۰/۳۷۰-۰/۳۸۰-۰/۳۹۰-۰/۴۰۰-۰/۴۱۰-۰/۴۲۰-۰/۴۳۰-۰/۴۴۰-۰/۴۵۰-۰/۴۶۰-۰/۴۷۰-۰/۴۸۰-۰/۴۹۰-۰/۵۰۰-۰/۵۱۰-۰/۵۲۰-۰/۵۳۰-۰/۵۴۰-۰/۵۵۰-۰/۵۶۰-۰/۵۷۰-۰/۵۸۰-۰/۵۹۰-۰/۶۰۰-۰/۶۱۰-۰/۶۲۰-۰/۶۳۰-۰/۶۴۰-۰/۶۵۰-۰/۶۶۰-۰/۶۷۰-۰/۶۸۰-۰/۶۹۰-۰/۷۰۰-۰/۷۱۰-۰/۷۲۰-۰/۷۳۰-۰/۷۴۰-۰/۷۵۰-۰/۷۶۰-۰/۷۷۰-۰/۷۸۰-۰/۷۹۰-۰/۸۰۰-۰/۸۱۰-۰/۸۲۰-۰/۸۳۰-۰/۸۴۰-۰/۸۵۰-۰/۸۶۰-۰/۸۷۰-۰/۸۸۰-۰/۸۹۰-۰/۹۰۰-۰/۹۱۰-۰/۹۲۰-۰/۹۳۰-۰/۹۴۰-۰/۹۵۰-۰/۹۶۰-۰/۹۷۰-۰/۹۸۰-۰/۹۹۰-۰/۱۰۰۰) و سه سطح آنتوسیانین استخراج شده از کلم قرمز (۰/۰۳۵-۰/۰۹-۰/۱۴) بود. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از روش RSM و طرح مرکب مرکزی در استخراج آنتوسیانین و طرح کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل در سطح اطمینان ۹۵ درصد، انجام شد. براساس نتایج، بیشینه راندمان استخراج تحت شرایط دمای ۴۰°C، زمان ۱ ساعت و نسبت حلال به ماده جامد ۲۰ ml/g توسط حلال آب اسیدی، بدست آمد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد مدل ۲FI برای بازدهی آنتوسیانین معنی‌دار می‌باشد. میزان ضریب تبیین ۰/۸۳۵ بود و عدم برازش معنی‌دار نبود. میزان آنتوسیانین کل پیش بینی شده ۳۰۰/۵۳ میلی گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده‌ی خشک محاسبه شد. بر اساس بررسی حاصل از ارزیابی پروفایل بافتی نمونه‌های پاستیل کم کالری، پاستیل حاوی ۰/۹ درصد آنتوسیانین و ۰/۱ درصد استویوزاید، نمونه دارای ویژگی‌های مناسب تعیین شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان آنتوسیانین‌های استخراجی از کلم قرمز را به عنوان یک رنگ طبیعی در تولید محصولات غذایی فراسودمند نظیر پاستیل بکارگرفت و با جایگزینی شکر (استفاده از استویوزاید و اینولین) محصولات سالم‌تر، مغذی‌تر و با ویژگی‌های کیفی مطلوب را تولید نمود.

۱- مقدمه

آنتوسیانین‌ها بطور گسترده در گیاهان حضور دارند که مسئول رنگ آبی، بنفش، قرمز، نارنجی و ... هستند. آنتوسیانین‌ها، مشتقات گلیکوزیدی پلی‌هیدروکسیل و متوکسیل نمک‌های ۲- فنیل بنزوپیریلیوم، رنگدانه‌های غیرسمی و محلول در آب هستند که بطور گسترده‌ای در طبیعت یافت می‌شوند. امروزه به دلیل خواص فراوان، نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی مختلف از جمله خواص ضدسرطانی، ضد التهاب، ضد حساسیت و پیشگیری از انسداد شریان قلب، کاهش کلسترول و فشار خون بالا و ... مصرف آنتوسیانین‌ها در دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱]. موفقیت این رنگدانه طبیعی به قیمت پایین و در دسترس بودن این ماده مربوط می‌شود کاربرد آنتوسیانین‌ها، به عنوان رنگ‌های طبیعی غذایی در محصولات غذایی و با توجه به پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در محصولات دارویی می‌باشد. ثبات این ترکیبات علاوه بر pH بطور قابل توجهی به شرایط محیطی از قبیل دما، اکسیژن و آنزیم‌ها مربوط است [۲]. در استخراج آنتوسیانین‌ها حلال‌های آبی-الکلی از جمله اتانول و متانول مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از حلال‌های آلی مانند متانول و اتانول برای استخراج رنگدانه‌های آنتوسیانین موجب مسمومیت سمی می‌شود. اگرچه اتانول به عنوان یک حلال استخراج عمومی محسوب می‌شود، اما جداسازی آنتوسیانین‌ها با استفاده از استخراج بر پایه آب، روشی بهتر است [۳]. فرایند استخراج آنتوسیانین‌ها عموماً در دمای پایین (زیر ۳۰°C)، ترجیحاً در شرایط خلأ (جهت به حداقل رساندن تخریب آنتوسیانین‌ها) و در محیط اسیدی صورت می‌گیرد [۴].

اخباری و همکاران (۱۳۹۳)، میزان محتوی آنتوسیانین موجود در پوست میوه گیاه بادمجان^۱ را با استفاده از سه حلال آب، اتانول و متانول مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند میزان استخراج آنتوسیانین در حلال آب، بیشتر از متانول و اتانول می‌باشد (۴۱۲-۳۵۴-۲۹۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم عصاره) [۵]. انصاری و

حجتی (۱۳۹۶)، اثر دما و نسبت حلال به ماده اولیه بر استخراج آنتوسیانین را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش بیشترین میزان استخراج آنتوسیانین در شرایط دمایی ۳۱/۵۸ و ۳۵/۸۸ و نسبت حلال به ماده ی اولیه برابر ۱۸/۶۵ و ۱۸/۰۴ (حجمی/جرمی) به دست آمد [۶]. چیتگر و همکاران (۱۳۹۱)، اثر دما و ماده جامد بر سینتیک تخریب آنتوسیانین‌های زرشک بی‌دانه را مورد بررسی قرار دادند. کاخکی و همکاران (۱۳۹۳)، استخراج آنتوسیانین گلبرگ زعفران به روش سطح پاسخ را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق حلال اتانول ۲۵/۰۲٪، نسبت حلال به نمونه ۲۰ میلی گرم بر لیتر، دمای ۲۵/۸ °C و زمان ۲۴ ساعت، به عنوان شرایط بهینه استخراج تعیین شدند [۴]. پاتیل و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر غلظت HCl بر میزان استخراج آنتوسیانین در آب را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند میزان استخراج آنتوسیانین در آب اسیدی بیشتر از آب می‌باشد و با افزایش میزان HCl، میزان استخراج آنتوسیانین افزایش می‌یابد [۸]. پاستیل‌های میوه‌ای که ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند از میوه‌های مازاد بر مصرف تازه‌خوری، تهیه می‌شوند. از جمله مواد تشکیل دهنده پاستیل‌ها، ترکیبات قوام‌دهنده نظیر گوار، آگار، ژلاتین، پکتین و صمغ‌های مختلف مانند صمغ عربی هستند که باعث ایجاد پیوند بین ترکیبات در یک محیط هیدروکلوئیدی و تشکیل امولسیون و بهبود بافت می‌شوند. بسته به نوع این ترکیبات سرعت حل شدن محصول و میزان آزادسازی ترکیبات موجود متفاوت است. تولید چنین محصولاتی در مقیاس تجاری علاوه بر جلوگیری از ضایعات میوه، به دلیل طبیعی بودن مواد اولیه آن و ارزش غذایی بالا، به ویژه از نظر میزان ماده معدنی، ویتامین‌ها و فیبر، زمان ماندگاری بالا، طعم مطلوب می‌تواند مورد توجه قشر وسیعی از جامعه به ویژه کودکان، زنان باردار و ورزشکاران قرار بگیرد [۱۰]. با توجه به روند رو به افزایش مصرف فرآورده‌های محتوی ژلاتین نظیر پاستیل، ژله و غیره (دارای ارزش تغذیه‌ای بسیار پایین و انرژی زیادی بسیار بالا)، تولید فرآورده‌های رژیمی، کم‌کالری و دارای ویژگی‌های فراسودمند، یک ضرورت می‌باشد [۱۱].

1. Solanummelongen

Expert انجام شد. متغیرهای بهینه‌سازی استخراج شامل دما (80°C – 140°C)، زمان (۳–۱ h)، نسبت حلال به ماده جامد (20 ml/g – 40 ml/g) و نوع حلال (اتانول اسیدی، آب اسیدی و اتانول ۵۰٪: آب اسیدی ۵۰٪) بودند.

۲-۳- اندازه‌گیری غلظت آنتوسیانین

غلظت آنتوسیانین با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر و با استفاده از دو بافر پتاسیم کلرید ۰/۰۲۵ مولار $\text{pH}=1$ و سدیم استات ۰/۴ مولار در $\text{pH}=4/5$ و با توجه به فرمول زیر محاسبه شد.

$$L \times \text{غلظت آنتوسیانین (mg/L)} = \frac{A \times MF \times DF}{\epsilon \times L}$$

در این فرمول MF وزن مولکولی آنتوسیانین برابر (g/mol) ۴۴۹۲، ϵ جذب مولی آنتوسیانین برابر (L/cm mol) ۲۶۹۰۰، DF فاکتور رقت برابر ۲۱، L قطر سل اسپکتروفوتومتر برابر ۱ cm و A مقدار جذب نمونه براساس فرمول ذیل می باشد.

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

۲-۴- آماده سازی نمونه های پاستیل کم کالری

فراسودمند

برای تولید شربت قندی ۲۵ گرم شکر با ۲۵ گرم دکستروز تک آبه مرک و استویوزاید در سه سطح (۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵) گرم، مخلوط و ۲۰ ml آب مقطر به آن اضافه شد و تا دمای 110°C و رسیدن به بریکس ۸۰ حرارت داده شد. همزمان با تولید شربت قندی، ۲۰ ml آب مقطر داخل یک بشر ۱۰۰ ریخته و ۸/۲ گرم اینولین را کم کم به آب اضافه کرده و همزمان با یک مگنت مغناطیسی در دمای 60°C حرارت داده شد تا کاملاً مخلوط شود سپس ۸/۲ گرم ژلاتین را توزین و به اینولین اضافه کرده و تا حل شدن کامل ژلاتین، در دمای 60°C حرارت داده شد. پس از کاهش دمای شربت قندی به زیر 100°C ، محلول ژلاتین و اینولین را به شربت قندی اضافه و مخلوط حاصل با یک مگنت مغناطیسی در دمای 60°C هم زده و حرارت داده شد و در ادامه برای کاهش pH به ۳، مقدار ۱/۵ گرم اسید سیتریک و ۰/۱۴ اسانس توت-فرنگی و عصاره رنگ آنتوسیانین در ۳ سطح (۰/۰۳۵، ۰/۰۹، ۱/۴)

هدف از این تحقیق در مرحله اول بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز به عنوان یک منبع غنی از آنتوسیانین به منظور بدست آوردن بالاترین راندمان استخراج و در مرحله دوم کاربرد این رنگ طبیعی در پاستیل کم کالری فراسودمند و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی محصول بوده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز

ابتدا کلم‌ها کاملاً شسته شده، سپس به قطعات کوچک تقسیم شدند. کلم‌های خرد شده روی سینی‌های آون پوشیده شده با فویل‌های آلومینیومی قرارداد شده و به مدت ۲ روز در دمای $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$ خشک شدند. کلم‌های خشک شده در آسیاب چکشی (مدل PX-MFC90D، سازنده سوئیس)، آسیاب شدند. سپس با الک مش ۵۰، الک شده و پودرهای الک شده، داخل ظرف سر بسته نگهداری شد. به منظور استخراج رنگ با توجه به جدول تیمارها (جدول ۳)، شرایط استخراج بر روی نمونه‌ها اعمال شد. پس از مرحله استخراج، محلول حاوی حلال و پودر کلم قرمز، در حجم یکسان به داخل فالكون ۵۰ انتقال داده شده و سانتریفیوژ شد. محلول صاف شده‌ی روی فالكون جدا شد. سپس غلظت آنتوسیانین محاسبه شد.

۲-۲- بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین با

استفاده از RSM

روش سطح پاسخ (RSM) مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری است که در بهینه‌سازی فرآیندهایی به کار می‌رود و پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند. در این بخش از پژوهش، طرح مرکب مرکزی (CCD) جهت ارزیابی ضرایب مدل ریاضی درجه دوم به کار گرفته شد و آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار Design

شد. رتبه‌بندی با اختصاص رتبه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ به ترتیب معادل بسیار بد، بد، متوسط، خوب و بسیار خوب، جهت ارزیابی انجام شد.

۲-۷- تعیین ویژگی های بافتی پاستیل

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های بافتی نمونه‌های پاستیل تولید شده، از دستگاه بافت سنچ (TA plus)، ساخت کشور انگلستان و مجهز به نرم افزار کامپیوتری، استفاده شد. هر یک از نمونه های پاستیل توسط آزمون TPA، در دوسیکل رفت و برگشتی (دو رفت دو برگشت) توسط پروپ سیلندری صفحه گرد با قطر ۳/۵ سانتی‌متر، سرعت حرکت پروپ ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه و نیروی ۱۰۰N تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه فشرده شده و سپس فشارزدایی شدند. ویژگی‌های بافتی شامل سختی، پیوستگی، الاستیسیته، قابلیت جویدن و چسبندگی مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

در بخش تولید پاستیل فراسودمند طرح آماری کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای مورد آزمون شامل آنتوسیانین در ۳ سطح و درصد استویوزاید در ۳ سطح بود. کلیه آزمون‌ها در ۲ تکرار انجام شد. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SPSS, version 19 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شرایط بهینه استخراج آنتوسیانین با استفاده

از RSM

بهینه‌سازی استخراج آنتوسیانین با استفاده از روش RSM و طرح مرکب مرکزی مطابق جدول ۳ انجام پذیرفت. شرایط استخراج شامل نسبت حلال به ماده جامد (۱/۲۰، ۱/۳۰، ۱/۴۰)، دمای استخراج °C (۴۰-۶۰-۸۰)، و در طی زمان h (۱-۲-۳) بود. مقادیر پاسخ‌ها تحت شرایط مختلف آزمون در جدول ۳ مشاهده می‌گردد. نتایج آنالیز واریانس آنوا چند مدل رگرسیونی برای بازده آنتوسیانین استخراجی از کلم قرمز در جدول ۴ نشان

ml

(جدول ۱) به مخلوط اضافه شد، به این ترتیب ۹ تیمار پاستیل با درصد های مختلف آنتوسیانین و استویوزاید (جدول ۲) تهیه شد.

Table 1 anthocyanin and stevia levels

| Anthocyanin and stevia levels | stevia | Anthocyanin |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Level 1 | (0.05)S ₁ | (0.035)A ₁ |
| Level 2 | (0.1)S ₂ | (0.9)A ₂ |
| Level 3 | (0.15)S ₃ | (1.4)A ₃ |

Table 2 Coding of beneficial low-calorie pastel samples

| sample code | Anthocyanin / stevia (%) |
|-------------------------------|--------------------------|
| S ₁ A ₁ | (0.05 S- 0.035 A) |
| S ₂ A ₁ | (0.1S- 0.035 A) |
| S ₃ A ₁ | (0.15 S - 0.035 A) |
| S ₁ A ₂ | (0.05 S- 0.9 A) |
| S ₂ A ₂ | (0.1 S- 0.9 A) |
| S ₃ A ₂ | (0.15 S- 0.9 A) |
| S ₁ A ₃ | (0.05 S- 1.4 A) |
| S ₂ A ₃ | (0.1 S- 1.4 A) |
| S ₃ A ₃ | (0.15 S - 1.4 A) |

۲-۵- آزمون های فیزیکوشیمیایی پاستیل

آزمون های فیزیکوشیمیایی نمونه های پاستیل به شرح ذیل انجام شد:

رطوبت نمونه ها به روش ذکر شده در استاندارد ملی ایران، شماره ۲۶۸۲ اندازه گیری شد [۱۲]. درصد ماده جامد توسط رفراکتومتر مدل (مدل ۰۰۴۱۶۱ ساخت ژاپن) انجام شد. فعالیت آبی توسط دستگاه aw متر مدل (Lab master، ساخت کشور سوئیس) انجام شد. اسیدیته توسط دستگاه pH متر (inolab 7310) انجام شد. اندازه گیری رنگ بر اساس شاخص قرمزی a* توسط دستگاه هانتربل (مدل ۴۵/۰ ساخت کشور آمریکا) انجام شد.

۲-۶- آزمون های حسی پاستیل

ویژگی های حسی نظیر شفافیت، رنگ، طعم، قابلیت جویدن، چسبندگی، پذیرش بافت و در نهایت پذیرش کلی پاستیل ها توسط ۱۵ ارزیاب آموزش دیده و به روش هدونیک ۵ نقطه انجام

زمان ۱ ساعت و نسبت حلال به ماده جامد ۲۰، پیش بینی شد و تحت این شرایط میزان آنتوسیانین کل پیش‌بینی شده ۲۷۴ میلی‌گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک به دست آمد (جدول ۴). ارزش مدل با انجام آزمون تحت شرایط بهینه مورد ارزیابی قرار گرفت و بازده ۳۰۰/۵۳ میلی‌گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک به دست آمد. بنابراین تنها انحراف ۹/۶ درصدی بین داده‌های آزمون و مقادیر پیش‌بینی شده وجود داشت و مدل با قدرت پیش‌بینی ۹۰/۳٪ تایید شد.

شواهد بدست آمده در نتایج سایر محققان با یافته‌های این تحقیق همخوانی داشت از جمله پاتیل و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تأثیر غلظت HCl بر میزان استخراج آنتوسیانین، به این نتیجه رسیدند که میزان استخراج آنتوسیانین در آب‌اسیدی شده در مقایسه با آب بالاتر است و میزان استخراج با افزایش غلظت HCl افزایش می‌یابد [۱۳]. خو و همکاران (۲۰۱۷)، در استخراج آنتوسیانین به این نتیجه رسیدند استفاده از حلال‌های آلی مانند متانول و اتانول برای استخراج رنگدانه‌های آنتوسیانین موجب مسمومیت ناشی از حلال می‌شود. اگرچه اتانول به عنوان یک ماده استخراجی عمومی محسوب می‌شود، جداسازی آنتوسیانین‌ها با استفاده از استخراج بر پایه آب، روشی بهتر است. اخباری و همکاران (۱۳۹۳)، به این نتیجه رسیدند بیشترین غلظت آنتوسیانین به ترتیب در حلال آب، متانول و اتانول وجود دارد. در نتیجه آب را به عنوان بهترین حلال استخراج آنتوسیانین‌ها، با توجه به ارزانی و در دسترس بودن و ایمنی، عدم سمیت و مطلوبیت زیست محیطی انتخاب کردند [۱۳]. انصاری و حجتی (۱۳۹۶)، بیان کردند با افزایش دما میزان آنتوسیانین‌ها کاهش می‌یابد و دما یکی از مخرب‌ترین عوامل تأثیرگذار بر آنتوسیانین‌ها است همچنین افزایش نسبت حلال به ماده اولیه سبب افزایش استخراج و کاهش زمان استخراج می‌گردد. افزایش نسبت به دلیل ایجاد اختلاف غلظت بیشتر و افزایش ضریب انتشار و در نتیجه خروج سریع‌تر رنگدانه از منبع، میزان استخراج آنتوسیانین افزایش می‌یابد. این محققان به این نتیجه رسیدند بیشترین میزان استخراج در بالاترین نسبت به دست آمد. در نسبت‌های بالا به دلیل ایجاد اختلاف غلظت و استخراج سریع‌تر آنتوسیانین، پارامتر زمان تأثیر چندانی بر استخراج ندارد [۶].

داده شده است. نتایج حاکی از آن بود که مدل ۲FI برای بازده آنتوسیانین معنی‌دار بود و ضریب تبیین (R²) محاسبه شده برای آن ۰/۸۳۵ بود که بیانگر آن است که ۸۳/۵٪ تغییر در پاسخ‌ها توسط مدل برازش شده قابل تبیین است. به عبارت دیگر تنها ۱۶/۵٪ تغییرات کل توسط مدل، قابل پیش‌بینی و توضیح نمی‌باشد. آزمون عدم برازش (Lack-of-fit) بیانگر عدم موفقیت مدل جهت نشان دادن داده‌ها در دامنه مدل رگرسیونی، می‌باشد. مطابق جدول ۵، عدم برازش معنی‌دار نبود. بنابراین همه نتایج حاکی از آن بودند که مدل ۲FI تحت شرایط مختلف دما، نسبت حلال به ماده جامد و نوع حلال به خوبی بازده آنتوسیانین را پیش‌بینی می‌کند. آنالیز رگرسیون چندگانه (۲FI) بر روی داده‌های آزمون انجام شد و معادله (۱) برای پاسخ‌های پیش‌بینی شده بازده آنتوسیانین به صورت کدگذاری شده بدست آمد.

$$\text{Anthocyanin Yield} = 254.90 + 0.41X_1 + 23.84X_2 - 1.01X_3 - 78.27X_4 - 0.34X_1X_2 - 0.03X_1X_3 + 1.53X_1X_4 + 0.08X_2X_3 - 4.38X_2X_4 - 1.04X_3X_4 \quad (1)$$

در این رابطه X_1 ، X_2 ، X_3 و X_4 به ترتیب کدهای دما، زمان و نسبت حلال به ماده جامد و نوع حلال می‌باشد. معنی‌داری هر پارامتر با شاخص P، مشخص گردید. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود اثر خطی متغیرهای X_1 ، X_3 ، X_4 و همچنین اثر متقابل X_1X_4 ، به طور قابل توجهی بازده آنتوسیانین را تحت تأثیر قرار داد ($P \leq 0.01$). نوع حلال اثر خطی معنی‌داری بر بازده آنتوسیانین داشت و طبق معادله (۱) بزرگترین ضریب منفی (-۷۸/۲۷) مربوط به این عامل بود. براساس نتایج مذکور، شرایط بهینه متغیرهای آزمون برای استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز با استفاده از نرم افزار Dsign Expert7 پیش‌بینی شد.

۲-۳- شرایط بهینه استخراج جهت بیشینه‌سازی

بازده آنتوسیانین و ارزیابی شرایط بهینه

راندمان بیشینه تحت شرایط دمای ۴۰ °C، نوع حلال آب‌اسیدی،

Table 3 Results of anthocyanin concentration in different conditions of extraction

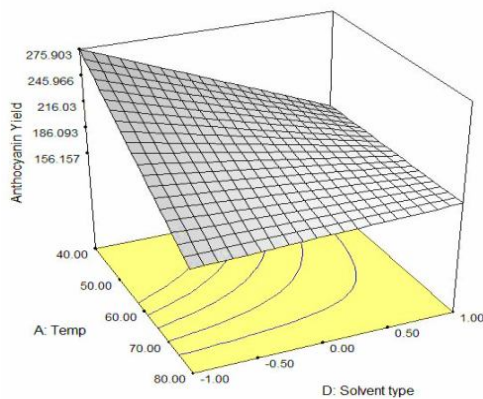
| Number | Temperature (°C) | Time (h) | Solvent / Solids (ml/g) | Solvent type | Anthocyanin concentration (mg/l) |
|--------|------------------|----------|-------------------------|--------------|----------------------------------|
| 1 | 40 | 1 | 20 | -1 | 300.53 |
| 2 | 80 | 1 | 20 | -1 | 18.15 |
| 3 | 40 | 3 | 20 | -1 | 20.26 |
| 4 | 80 | 3 | 20 | -1 | 75.21 |
| 5 | 40 | 1 | 40 | -1 | 222.68 |
| 6 | 80 | 1 | 40 | -1 | 124.54 |
| 7 | 40 | 3 | 40 | -1 | 300 |
| 8 | 80 | 3 | 40 | -1 | 119.21 |
| 9 | 40 | 1 | 20 | 1 | 155.03 |
| 10 | 80 | 1 | 20 | 1 | 232.15 |
| 11 | 40 | 3 | 20 | 1 | 232 |
| 12 | 80 | 3 | 20 | 1 | 185 |
| 13 | 40 | 1 | 40 | 1 | 119.21 |
| 14 | 80 | 1 | 40 | 1 | 118.88 |
| 15 | 40 | 3 | 40 | 1 | 123.07 |
| 16 | 80 | 3 | 40 | 1 | 113.27 |
| 17 | 40 | 2 | 30 | 0 | 212.16 |
| 18 | 80 | 2 | 30 | 0 | 141.50 |
| 19 | 60 | 1 | 30 | 0 | 227.77 |
| 20 | 60 | 3 | 30 | 0 | 202.69 |
| 21 | 60 | 2 | 20 | 0 | 226.30 |
| 22 | 60 | 2 | 40 | 0 | 144.93 |
| 23 | 60 | 2 | 30 | -1 | 221 |
| 24 | 60 | 2 | 30 | 1 | 172/53 |
| 25 | 60 | 2 | 30 | 0 | 188.31 |
| 26 | 60 | 2 | 30 | 0 | 193.22 |
| 27 | 60 | 2 | 30 | 0 | 189.72 |
| 28 | 60 | 2 | 30 | 0 | 200 |
| 29 | 60 | 2 | 30 | 0 | 179.46 |
| 30 | 60 | 2 | 30 | 0 | 230 |

Table 4 ANOVA for different model of anthocyanin extraction efficiency

| Sources | SS | DF | MS | F | p | Sig | R ₂ |
|------------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|----------------|-----|----------------|
| Average | 1.085 | 1 | 1.085 | | | | |
| Linear model | 46177.41 | 4 | 11544.35 | 9.05 | 0.00001 | | 0.59 |
| Model 2FL | 18983.28 | 6 | 3163.88 | 4.66 | 0.0045 | * | 0.83 |
| Quadratic model | 2291.40 | 4 | 572.85 | 0.81 | 0.53 | | 0.86 |
| Cubic model | 3359.31 | 8 | 419/91 | 0.41 | 0.88 | | 0.90 |
| Residual | 7256.68 | 7 | 1036.67 | | | | |
| Total | 1.163 | 30 | 35756.88 | | | | |

Table 5 ANOVA and significance of regression coefficients in optimization of anthocyanin extraction

| Source | SS | DF | MS | F | P | Sig |
|-------------------------------|----------|----|----------|-------|--------|---------|
| Model | 65160.69 | 10 | 6516.07 | 9.59 | 0.0001 | ** |
| X ₁ | 15220.09 | 1 | 15220.09 | 22.40 | 0.0001 | ** |
| X ₂ | 569.29 | 1 | 569.29 | 0.84 | 0.37 | |
| X ₃ | 18326.49 | 1 | 18321.49 | 26.98 | 0.0001 | ** |
| X ₄ | 12061.55 | 1 | 12061.55 | 17.75 | 0.0005 | ** |
| X ₁ X ₂ | 774.63 | 1 | 74.63 | 1.14 | 0.29 | |
| X ₁ X ₃ | 182.36 | 1 | 982.36 | 1.45 | 0.24 | |
| X ₁ X ₄ | 15172.85 | 1 | 15172.85 | 22.33 | 0.0001 | ** |
| X ₂ X ₃ | 12.55 | 1 | 12.55 | 0.018 | 0.89 | |
| X ₂ X ₄ | 307.81 | 1 | 307.81 | 0.45 | 0.50 | |
| X ₃ X ₄ | 133.08 | 1 | 1733.08 | 2.55 | 0.12 | |
| Residual | 12907.40 | 19 | 679.34 | | | |
| Lack of fit | 11359.34 | 14 | 818.38 | 2.62 | 0.14 | Not sig |
| Error | 1548.06 | 5 | 309.61 | | | |
| Total | 78068.09 | 29 | | | | |

**Fig 1** Interaction of temperature and solvent type on anthocyanin efficiency

۳-۳- اثر متقابل نوع حلال و دما در بازده استخراج آنتوسیانین

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر خطی دما - نوع حلال و اثر متقابل بر بازدهی استخراج آنتوسیانین، معنی دار بود ($P < 0.01$). با توجه به نمودار ۱، بین سه حلال، حلال آب اسیدی بیشترین بازدهی آنتوسیانین را داشت. در حلال آب اسیدی، افزایش دما بر بازدهی آنتوسیانین اثر منفی دارد. حلال آب اسیدی (-۱) در دمای 40°C افزایش بازده و در دمای 80°C کمترین بازده استخراج آنتوسیانین را داشت. حلال اتانول اسیدی (۱) و آب اسیدی- اتانول (۰)، هم در دمای 40°C افزایش بازده را نسبت به دمای 80°C داشتند. به نظر می‌رسد در ابتدا، افزایش دما موجب افزایش نفوذپذیری حلال به سلول های گیاهی و در نتیجه افزایش استخراج آنتوسیانین شده است اما از آنجایی که آنتوسیانین ترکیبی حساس به حرارت است، با افزایش بیشتر دما، آنتوسیانین تخریب می‌شود. انصاری و همکاران (۱۳۹۶)، به نقل قول از کاکسی و همکاران (۲۰۰۳)، در بررسی اثر دما بر استخراج آنتوسیانین‌ها بیان کردند در دمای بالا میزان آنتوسیانین‌ها کاهش می‌یابد [۶]. چیتگر و همکاران (۱۳۹۱)، به این نتیجه رسیدند که افزایش دما باعث کاهش نیمه عمر عصاره آنتوسیانین و کنسانتره شده است. میزان تخریب آنتوسیانین در عصاره و کنسانتره ها با افزایش دما افزایش یافت [۷].

۳-۴- نتایج آزمون های فیزیکوشیمیایی پاستیل های فراسودمند

نتایج حاکی از آن بود که افزودن استویا و آنتوسیانین به پاستیل کم کالری، هیچ تاثیری بر pH و aw نداشت و تنها تاثیر معنی‌دار آنتوسیانین بر بریکس و رنگ نمونه ها بود. نتایج میانگین بریکس نمونه ها نشان داد با افزایش عصاره‌ی آنتوسیانین، میزان بریکس کمتر می‌شود. بیشترین میزان رطوبت مربوط به سطح ۳ (۱/۴)، بالاترین سطح عصاره‌ی آنتوسیانین و کمترین میزان رطوبت مربوط به سطح ۲ و ۱ (۰/۹-۰/۳۵) کمترین سطح عصاره‌ی آنتوسیانین بود. طبیعی است هر چه میزان درصد عصاره آنتوسیانین بیشتر باشد، میزان آب بیشتری وارد نمونه پاستیل شده

در افزایش میزان رطوبت فرآورده‌های غذایی نقش داشته باشند [۱۵]. نتایج آنالیز واریانس رنگ سنجی نشان داد با افزایش عصاره‌ی آنتوسیانین شاخص قرمزی a^* ، افزایش پیدا می‌کند. طبیعی است با افزایش میزان عصاره آنتوسیانین نمونه‌ی پاستیل رنگ تیره‌تری پیدا کند، از طرفی با افزایش عصاره، پکتین افزایش پیدا کرده و افزایش پکتین، از آنتوسیانین در برابر عوامل مخرب محافظت می‌کند [۱۵].

۳-۵- نتایج آزمون‌های حسی نمونه‌های پاستیل فراسودمند

و میزان رطوبت افزایش و میزان ماده جامد محلول یا بریکس روند کاهشی پیدا می‌کند. همایونی راد و همکاران (۱۳۹۳)، گزارش کردند در جایگزینی کامل شیر خرم نسبت به شکر کاهش بریکس امری طبیعی می‌باشد و این کاهش بریکس به علت درصد رطوبت شیر خرم (۲۰٪) است [۱۴]. همچنین انتظار می‌رود هر چه عصاره‌ی آنتوسیانین بیشتر باشد، همراه با آب بیشتر، پکتین (پکتین استخراجی با رنگ)، و در نتیجه رطوبت نمونه بیشتر شود. یلمه و همکاران (۱۳۹۶)، گزارش کردند افزایش میزان رطوبت می‌تواند مرتبط با میزان پکتین موجود در پوره هلو باشد. مواد صمغی از جمله پکتین می‌تواند

Table 7 Results of Sensory parameters

| Sample | Clearness | Color | flavor | Adhesiveness | Chewiness | Texture desirability | General acceptance |
|-------------------------------|-----------|----------|-----------|--------------|-----------|----------------------|--------------------|
| S ₁ A ₁ | 2.10±0.66 | 4±1 | 3±0.76 | 2.23±1.02 | 3.07±0.70 | 2.47±0.64 | 3.23±0.37 |
| S ₂ A ₁ | 2.13±0.83 | 3±1.58 | 2.53±0.74 | 2.97±1.17 | 3.20±0.86 | 3.20±0.56 | 3.17±0.56 |
| S ₃ A ₁ | 2.07±1.10 | 3.6±1.14 | 2.37±0.77 | 3.27±0.88 | 3.10±0.76 | 3.13±0.85 | 3.37±0.55 |
| S ₁ A ₂ | 2.33±0.72 | 4±0.70 | 2.87±0.74 | 3.30±0.90 | 3±0.65 | 2.93±0.59 | 3.10±0.34 |
| S ₂ A ₂ | 2.33±0.70 | 4.5±0.70 | 2.50±0.94 | 3.53±0.52 | 3.40±0.63 | 3.33±0.75 | 3.43±0.50 |
| S ₃ A ₂ | 2.33±0.82 | 4.5±0.54 | 2.70±0.96 | 3.40±0.74 | 3.23±0.73 | 3.50±0.68 | 3.23±0.37 |
| S ₁ A ₃ | 2.30±0.75 | 4.6±0.89 | 2.73±1.10 | 3.17±0.75 | 3.17±0.75 | 2.83±1.03 | 3.10±0.34 |
| S ₂ A ₃ | 2.23±0.92 | 4.6±0.54 | 2.67±0.90 | 3.20±0.68 | 3.20±0.68 | 2.87±0.92 | 3.17±0.56 |
| S ₃ A ₃ | 2±0.76 | 4.6±1.34 | 2.93±0.80 | 3.03±0.72 | 3.03±0.72 | 2.97±0.81 | 3.37±0.55 |

نمود (چسبندگی، قابلیت جویدن). دلیل این اختلاف را می‌توان به دقت و حساسیت تجزیه‌های دستگاهی در مقایسه با ارزیابی حسی نسبت داد. بولاند و همکاران (۲۰۰۴)، اظهار داشتند که رهاسازی طعم به طور معنی‌داری با بافت ژل در ارتباط است. بافت سخت‌تر باعث رهایش کمتر مواد طعمی می‌شود. گزارشات رضایی و همکاران (۱۳۹۱) و هالود و همکاران ۲۰۰۲، نتایج فوق را تایید کرد [۱۶].

۳-۶- نتایج بررسی ویژگی‌های بافتی نمونه‌های پاستیل فراسودمند

نتایج آنالیز واریانس نشان داد، اثر مستقل آنتوسیانین و استویا و اثر متقابل آنتوسیانین و استویا بر سختی معنی‌دار می‌باشد ($p \leq 0.05$) به طوری که با افزایش عصاره آنتوسیانین، میزان سختی کمتر شد. با توجه به اینکه رطوبت و پکتین تاثیر زیادی روی سختی بافت دارند، با افزایش عصاره آنتوسیانین، رطوبت و

نتایج آنالیز واریانس ارزیابی حسی نمونه‌های پاستیل نشان داد که اثر آنتوسیانین و استویا بر امتیاز مطلوبیت بافت و رنگ معنی‌دار بود ولی بر امتیاز شفافیت، طعم، چسبندگی و قابلیت جویدن معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد نمونه‌های حاوی سطح آنتوسیانین بالاتر (۱/۴٪ - ۰/۹٪) دارای مطلوبیت بافت بیشتر نسبت به نمونه‌های دارای سطح پایین آنتوسیانین (۰/۳۵٪) بودند. با توجه به اینکه افزایش سطح آنتوسیانین و به دنبال آن افزایش پکتین سبب افزایش رنگ نمونه‌ها و افزایش رطوبت و نرمی بافت می‌شود و نظر به اینکه، نرمی بافت رهایش بیشتر مواد طعمی و کاهش قابلیت جویدن را به دنبال دارد بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد [۱۷]. از آنجایی که افزایش رطوبت باعث افزایش چسبندگی و کاهش رطوبت باعث سختی بافت می‌شود، سطح ۲ آنتوسیانین به عنوان نمونه‌ی برتر انتخاب شد. با توجه به اینکه بین بافت نمونه‌ها در روش دستگاهی اختلاف معنی‌داری وجود داشت درحالی‌که در روش ارزیابی حسی این اختلاف معنی‌دار

حفظ رطوبت در پاستیل منجر به نرم شدن بافت آن می‌شود. اما در غلظت‌های بالاتر (۰/۵٪) به دلیل افزایش ماده خشک و همچنین بر هم کنش بیشتر گروه‌های قطبی ساختار پکتین با گروه‌های آمید و هیدروکسیل کربونیل موجود در ساختار پروتئین‌های پاستیل از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی، موجب افزایش استحکام و مقاومت ژل و نهایتاً منجر به افزایش سختی بافت محصول می‌گردد. گزارشات صادقی و همکاران (۱۳۹۳) و یوهانا و همکاران نتایج فوق را تایید می‌کند.

میزان پکتین (با توجه به اینکه پکتین هم در استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز، استخراج شده بود) افزایش و BX کاهش پیدا کرده است و افزایش رطوبت و کاهش BX، نرمی بافت را به دنبال دارد. از طرفی افزایش پکتین هم در کاهش سختی تاثیر مثبتی دارد، زیرا پکتین دارای خاصیت به دام اندازی آب در ماتریکس خود می‌باشد بنابراین با افزایش نسبت آن، میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش و بافت نرم‌تر و سختی کمتر می‌شود. محمدی و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند که افزودن پکتین ۰/۳٪ به دلیل

Table 8 Results of texture analysis

| Sample | Hardness | Gumminess | Sappple | Adhesiveness | Cohesiveness | Springiness |
|-------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| S ₁ A ₁ | 88.20±6.11 | 44.32±0.98 | 199.94±0.56 | 0.84±0.63 | 0.50±0.024 | 4.51±0.01 |
| S ₂ A ₁ | 89.08±4 | 48.45±1.88 | 225.05±4.19 | 0.54±0.05 | 0.54±0.04 | 4.26±0.002 |
| S ₃ A ₁ | 51.93±10.17 | 34.31±6.93 | 154.27±34.35 | 0.26±0.35 | 0.66±0.004 | 4.65±0.004 |
| S ₁ A ₂ | 54.43±4.58 | 42.02±0.55 | 179.51±4.63 | 0.01±0.01 | 0.39±0.01 | 4.49±0.01 |
| S ₂ A ₂ | 101.14±0.52 | 52.93±2.56 | 219.11±0.83 | 0.25±0.10 | 0.53±0.01 | 4.14±0.03 |
| S ₃ A ₂ | 113.04±9.2 | 58.35±0.83 | 262.21±12.88 | 0.82±0.28 | 0.52±0.050 | 4.49±0.03 |
| S ₁ A ₃ | 52.14±5.7 | 22.09±0.61 | 89.21±0.78 | 1.28±0.79 | 0.43±0.03 | 4.04±0.02 |
| S ₂ A ₃ | 48.99±6.8 | 22.79±1.47 | 92.09±7.16 | 1.85±0.51 | 0.47±0.035 | 4.04 |
| S ₃ A ₃ | 45.03±6.6 | 22.18±9.32 | 89.12±40.40 | 2.08±1.01 | 0.48±0.13 | 3.99±0.02 |

صادقی و همکاران (۱۳۹۳)، خزائی پول و همکاران (۱۳۹۵) نتایج فوق را تایید می‌کند.

نتایج اثر مستقل استویا بر پیوستگی نشان داد با افزایش استویا پیوستگی کاهش پیدا می‌کند. با توجه به نتایج محققان، رطوبت تا حدودی باعث افزایش پیوستگی می‌شود و رطوبت بیش از حد، پیوستگی را کاهش می‌دهد. احتمال می‌رود هر چه استویا بیشتر باشد رطوبت بیش از حد جذب شده و در نتیجه پیوستگی کاهش پیدا می‌کند. با توجه به نتایج، نمونه‌های حاوی استویای کمتر، پیوستگی بیشتری داشتند.

نتایج آنالیز واریانس حالت صمغی نشان داد که اثر مستقل استویا و اثر متقابل استویا-آنتوسیانین معنی دار است ($p \leq 0/05$). با توجه به جدول ۸، اثر مستقل استویا روی حالت صمغی، با افزایش استویا حالت صمغی کاهش پیدا می‌کند. بررسی محققان (شندی و همکاران ۱۳۹۷)، نشان داد افزایش سختی باعث افزایش حالت صمغی می‌شود. پس سختی و حالت صمغی رابطه‌ی نزدیکی با هم دارند. با توجه به اینکه افزایش استویا کاهش سختی و پیوستگی را به دنبال داشته است، انتظار می‌رود باعث کاهش حالت صمغی شود [۱۷]. مجاوریان و همکاران (۱۳۹۷)، گزارش

نتایج اثر مستقل استویا بر سختی پاستیل کم کالری نشان داد هر چه درصد استویا بیشتر شود بافت دارای سختی کمتری خواهد بود و این موضوع می‌تواند ناشی از جاذب‌الرطوبه بودن استویا باشد. محمدی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند قندهای جاذب الرطوبه موجب جذب و حفظ بیشتر رطوبت در ساختار پاستیل موز و در نتیجه موجب کاهش سختی بافت محصول نهایی می‌شود. نتایج اثر متقابل آنتوسیانین و استویا بر سختی پاستیل معنی دار شد که با توجه به جدول آنالیز واریانس نمونه ۲۲ و ۲۳ بیشترین سختی و نمونه‌های ۳۳، ۳۲، ۳۱ کمترین سختی را داشتند. به نظر می‌رسد افزایش رطوبت در سطح ۳ آنتوسیانین نسبت به سطح ۲، باعث کاهش سختی شده است. نتایج آنالیز واریانس پیوستگی نشان داد اثر مستقل آنتوسیانین و استویا بر پیوستگی پاستیل کم کالری معنی دار است ($p \leq 0/05$) و افزایش آنتوسیانین افزایش پیوستگی را به دنبال داشت. رطوبت و ژل پکتین باعث شبکه‌ی پیوسته و متراکمی می‌شود. اثر پکتین بر ویژگی‌های بافتی فرآورده را می‌توان به ساختار شبکه ژلی و برهمکنش‌های درون مولکولی بین اجزای فرمول و هیدروکلوئیدها مرتبط دانست. گزارشات بررسی‌های محققان، خلیلیان و همکاران (۱۳۸۹)،

مربوط به نمونه ۳۳ بود. با توجه به اینکه نمونه ۲۳ سختی بیشتری نسبت به نمونه ۳۳ داشت انتظار می‌رود قابلیت جویدن بیشتری داشته باشد. نتایج آنالیز واریانس چسبندگی نمونه های پاستیل نشان داد افزایش استویا افزایش چسبندگی را به دنبال خواهد داشت. احتمالاً به دلیل خاصیت جاذب الرطوبه بودن استویا، استویا بیشتر، جذب رطوبت بیشتر و بافت نرم تر و چسبنده تر را به دنبال خواهد داشت. خلیلیان و همکاران (۱۳۹۳) و شندی و همکاران (۱۳۹۷) به نتایج مشابهی دست یافتند که نتایج فوق را تایید می‌کند.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش امکان استخراج آنتوسیانین از کلم قرمز و بکارگیری آن در تولید پاستیل کم کالری فراسودمند با دو ترکیب اینولین و استویوزاید به جای رنگ های سنتزی و شکر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تولید پاستیل کم کالری نشان داد سطوح مختلف عصاره آنتوسیانین و استویوزاید بر پارامترهای بافتی و حسی و رنگی اثرات مطلوبی داشتند. از آنجا که از بین فرمول‌های پاستیل حاوی ۰/۹٪ آنتوسیانین و ۰/۱٪ استویا خصوصیات بافتی مناسبی داشت، به عنوان نمونه برتر معرفی شد.

۵- منابع

- [1] Sobhi, A., Azizi, S., Barzegar, M. H., Taslimi, M., 2010. Comparison of the effect of Ferolic and Tanic acid on color stability and organoleptic properties of pomegranate juice at different time of strong in 5°C. JFST . 7(4). 73-83.(persion)
- [2] Bahramian, GH., Lohrasbi, M., Aryaii, p., 2015. study Anthocyanins as natural colors in the food industry.13. (persion)
- [4] Mahdavee Khazaei, k., Jafary, M., Ghorbani, M., Hemmati kakhki, A., 2010. Optimization of anthocyanin extraction in Saffron's petal with response surface methodology.JRIFST. 3(1).37-50. (persion)
- [5] ekhbari, M., Haeri, Mohammad reza., Babaii, M., 2014. Evaluation of anthocyanin level and cytotoxic activity of various peppermint skin Solanummelongena L. plant8(3). 11-17. (persion)

کردند در آزمون پروفایل بافت پارامتر صمغی بودن حاصلضرب سفتی در پیوستگی است و سفتی بافت، افزایش حالت صمغی را به دنبال دارد [۱۸]. نتایج اثر متقابل آنتوسیانین و استویا روی حالت صمغی پاستیل کم کالری نشان داد بیشترین حالت صمغی مربوط به نمونه شماره ۲۳ و کمترین حالت صمغی مربوط به نمونه ۳۱ بود. با توجه به اینکه نمونه ۳۱ سختی کمتری نسبت به نمونه ۲۳ دارد انتظار می‌رود حالت صمغی کمتری داشته باشد.

نتایج اثر مستقل آنتوسیانین روی الاستیسیته نشان داد با افزایش عصاره آنتوسیانین، الاستیسیته بیشتر می‌شود ($p \leq 0/05$). افزایش عصاره آنتوسیانین به دلیل افزایش رطوبت و پکتین، الاستیسیته ی نمونه ها را افزایش داده است. آب به دلیل کوچک بودن مولکول هایش به عنوان نرم کننده (پلاستی سایزر) عمل می‌کند و باعث افزایش انعطاف پذیری می‌شود. اثر هیدروکلوئیدها بر الاستیسیته، عکس اثر آن‌ها بر سختی بافت است. به عبارتی می‌توان گفت افزایش پکتین باعث کاهش سختی و افزایش الاستیسیته شده است. هر چه بافت سخت‌تر باشد، شکنندگی بیشتر و الاستیسیته کمتر می‌شود. براساس نظریه سنسر و همکاران (۲۰۰۳)، هر چه واکنش بین اجزای پلیمر بیشتر باشد، حلالیت کاهش یافته و عموماً ژل تشکیل شده الاستیسیته‌ی بیشتری خواهد داشت. نتایج اثر مستقل استویا بر الاستیسیته نشان داد هر چه استویا بیشتر الاستیسیته کمتر می‌شود که دلیل آن را می‌توان به دلیل جاذب الرطوبه بودن استویا دانست.

بر اساس نتایج اثر مستقل استویا و اثر متقابل آنتوسیانین/استویا بر قابلیت جویدن نمونه های پاستیل کم کالری معنی دار شد ($p \leq 0/05$). با توجه نتایج ذکر شده در بخش سختی، کاهش استویا افزایش سختی را به دنبال داشت، انتظار می‌رود افزایش سختی افزایش قابلیت جویدن را به همراه داشته باشد. بولاند و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند ژل‌های منسجم‌تر به مدت طولانی‌تری جویده می‌شوند [۱۹]. در بخش مربوط به پیوستگی بافت، نتایج نشان داد که با کاهش استویا پیوستگی و انسجام نمونه‌ها افزایش یافته است. بنابراین می‌توان گفت که این افزایش پیوستگی در فرمولاسیون، منجر به افزایش قابلیت جویدن نمونه‌ها گردیده است. نتایج آنالیز واریانس اثر متقابل آنتوسیانین / استویا روی قابلیت جویدن نمونه های پاستیل کم کالری نشان داد بالاترین امتیاز مربوط به نمونه ۲۳ بود و کمترین قابلیت جویدن

- [16] Mohammadi Shendi, H, Zomorodi, SH., 2017. The effect of date syrup and pectin gum on the color, textural and sensory properties of fruit pastilles based on bananas. *Iran. J. Food Sci. Technol.* 28(4). 45–55. (persion)
- [17] Mojaverian, S. P., Amiri, Z., Shahri tabarestani, H., 2017. Optimization of ginger gummy confection formulation based on chicken feet and grape concentrate using response surface methodology (RSM). *Iran Sci. Technol.* 15(82). 319–321. (persion)
- [18] Khalilian, S., Shahidi, F., Elahi, M., Mohebi, M., 2014. Evaluation of sensory properties and color parameters fruit pastille based on cantaloupe puree Khalilian. 11(42). 19–30. (persion)
- [8] Patil, G., Madhusudhan, M.C.B. Ravindra Babu, and Raghavarao, K.S.M.S. 2009. Extraction, dealcoholization and concentration of anthocyanin from red radish. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, 48(1). 364–369.
- [12] Iranian National Standard, 1992, Jelly Processes - Features and Methods of Testing, Test Method, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Second Review, No. 2682.
- [13] Chandrasekhar, J., Madhusudhan, M.C., Raghavarao, K.S.M.S. 2012. Food and Bioproducts Processing Extraction of anthocyanins from red cabbage and purification using adsorption. *Food Bioprod. Process.*, 90, (4). 615–623.
- [3] Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., Lim, S. M., 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research.* 61(1): 1361779.
- [6] Ansari, M., Hojati, MR., 2017. Optimization of extraction and microencapsulation of anthocyanin pigments extracted from red onion peel and red cabbage. *J. Food Ind. Res.* 28(1). 73–91. (persion)
- [7] Varidi, M., Farhadi chitgar Varidi, F. M., Shahidi, M.J., 2013. Effects of temperature and solid content on degradation kinetics of anthocyanins in barberry (*Berberis vulgaris var asperma*). *Iran. J. Food Sci. Technol.*, 11(2). 107–115. (persion)
- [9] abbasi, S., Mohammadi, S., Rahimi, Somaye., 2012. Replacing part of gelatin with Persian gum and using boswellia to produce Functional Gummi candy. *Iranian Biotechnology Journal.* (42)1. 121–131. (persion)
- [10] Basiri, Sh., Shahidi, F., 2014. Investigation on the effects of different amounts of gellatin and guar on texture, organoleptic and color properties of white mulberry pastille. *Iran. Food Sci. Technol.* (13)1, 1–13. (persion)
- [11] Mohammadi Akbar Abadadi, E., Abbasi, S., 2016. Evaluation of the possibility of low-calorie gummy candy production using inulin and stevioside. *Sci. food Ind.* (69)14. 319–329. (persion)
- [14] Yolmeh, M., Khamiri, M., Ghorbani, M., Ghaemi, ezat., Ramezan pour, S., 2018. Peach pastille formulation containing carotenoid pigment extracted from *Micrococcus roseus* and optimization of its physicochemical and textural properties. *JFST.* 73(14). 241–254. (persion)
- [15] rezaee, R., Shahidi, F., Elahi, M., Mohebbi, M., Nasiri, M., 2012. Analysis of the sensory and mechanical method of plum paste texture profiling and optimization of its formulation. *Iran. Food Sci. Technol.* (8)1. 30–39. (persion)

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of anthocyanin extraction from red cabbage and its application in low calorie functionalgummi candy

Esmailian, A. ¹, Hosseini, F. ^{2*}, Saberian, H. ²

1. Graduated Student of MSc. Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran

2. Assistant Professor, Department of Food Additives, Food Science and Technology Research Institute, ACECR, Khorasan Razavi, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 04 August 2019

Accepted 22 August 2020

Keywords:

Natural Color,
Anthocyanin, Red cabbage,
Functional gummy candy

DOI: 10.29252/fsct.18.01.12

*Corresponding Author E-Mail:
fereshtehosseini@yahoo.com

The purpose of this study was to optimize the extraction of anthocyanin from red cabbage and its application in low calorie gummi candy with replacement of stevioside as a natural sweetener instead of sucrose.

In this study, the extraction of anthocyanin from red cabbage powder was performed by maceration method. Extraction variables include solvent type (acidic water, acid ethanol, acid water- acid ethanol, 50:50 ratio), solvent / solids ratio (1.20, 1.30, 1.40) ml/g, extraction temperature (40-60-80 °C), extraction time (1-2-3 h). The anthocyanin extracted in the production of functional low-free calorie gummi candy was used as a food model system.

The variables in this section included three levels of Stevioside (0.5-0.1-0.15, w/w) g and three levels of anthocyanin extracted from red cabbage (0.035-0.9-1.4, v/w) ml. Statistical analysis was performed using RSM method and a Central composite design in anthocyanin extraction stage and completely randomized design based on factorial test at 95% confidence level.

According to the results, Maximum extraction efficiency was predicted under the conditions of Temperature and time, 40 °C and 1 hour and the solvent / solids ratio of 20 ml/g, with acidic solvent. The results of analysis of variance showed that the F12 model was significant for the anthocyanin yield. The R² was 0.835, and the lack of fit was not significant. The total anthocyanin concentration predicted was 300.53 (mg/100 g of dry matter). Based on the results of the tissue profile, gummi candies containing 0.9% anthocyanins and 0.1% stevia were selected and with appropriate characteristics. Based on the results, red cabbage anthocyanins can be used as natural dye in the production of functional foods such as gummi candy and by substituting sugar (using stevioside and inulin), healthier, more nutritious products with optimal quality characteristics produced.