مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین از کلم‌قرمز و کاربرد آن در پاستیل کم‌کالری 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

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:

fereshtehosseini@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش بهینه سازی 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 بهینه سازی 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 ml/g، ۱/۳۰، ۱/۴۰) ، دمای استخراج (۴۰-۶۰-۸۰ $^{\circ}C$) و زمان استخراج (۱-۲-۳ h) 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 g،وزنی/وزنی) و سه سطح آنتوسیانین استخراج شده ازکلم‌قرمز(۰/۰۳۵-۰/۹-۱/۴حجمی/وزنی) بودند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از روش RSM و طرح مرکب مرکزی در استخراج آنتوسیانین و طرح کاملا تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل در سطح اطمینان ۹۵ درصد، انجام شد. براساس نتایج، بیشینه راندمان استخراج تحت شرایط دمای ۴۰ $^{\circ}C$، زمان ۱ساعت و نسبت حلال به ماده جامد ۲۰ml/g توسط حلال آب اسیدی، بدست آمد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد مدل 2FI برای بازده ی آنتوسیانین معنی‌دار می باشد. میزان ضریب تبیین ۰/۸۳۵ بود و عدم برازش معنی دار نبود. میزان آنتوسیانین کل پیش بینی شده ۳۰۰/۵۳ میلی گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده ی خشک محاسبه شد. بر اساس بررسی حاصل از ارزیابی پروفایل بافتی نمونه های پاستیل کم کالری ، پاستیل حاوی ۰/۹ درصد آنتوسیانین و ۰/۱درصد استویا، نمونه دارای ویژگی های مناسب تعیین شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، می توان آنتوسیانین های 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 سالم تر، مغذی تر و با ویژگی های 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 بطورگسترده‌ای درطبیعت یافت می شوند. 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 می شود کاربرد آنتوسیانین‌ها، به عنوان رنگ‌های طبیعی غذایی در محصولات غذایی و با توجه به پتانسیل آنتی اکسیدانی در محصولات دارویی می باشد. 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 آنتوسیانین ها با استفاده از استخراج بر پایه آب، روشی بهتر است [۳]. فرایند استخراج آنتوسیانین‌ها عموماً در دمای پایین (زیر $30^{\circ}C$)، ترجیحاً در شرایط خلأ (جهت به حداقل رساندن تخریب آنتوسیانین‌ها) و در محیط اسیدی صورت می‌گیرد[٤].

اخباری و همکاران (۱۳۹۳)، میزان محتوی آنتوسیانین موجود در پوست میوه گیاه بادمجان[1] **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 (٤١٢-٣٥٤-٢٩٣ میلی گرم در ۱۰۰ گرم عصاره) [۵]. انصاری و حجتی (۱۳۹٦)، اثر دما و نسبت حلال به ماده اولیه بر استخراج آنتوسیانین را مورد بررسی قراردادند.در این پژوهش بیشترین میزان استخراج آنتوسیانین در شرایط دمایی ۳۱/۵۸ و ۳۵/۸۸ و نسبت حلال به ماده ی اولیه برابر۱۸/٦۵ و ۱۸/۰٤(حجمی/جرمی) به دست آمد [٦]. 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 $^{\circ}C$ ۲۵/۸ و زمان ۲٤ ساعت، به عنوان شرایط بهینه استخراج تعیین شدند[٤]. 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 می باشد 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 هستندکه 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 موادمعدنی، 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 فرآورده های محتوی ژلاتین نظیر پاستیل، ژله و غیره (دارای ارزش تغذیه ای بسیار پایین و انرژی زایی بسیار بالا)، تولید فرآورده‌های رژیمی، کم‌کالری و دارای ویژگی های فراسودمند، یک ضرورت می‌باشد[۱۱].

1. Solanummelongen

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 کاملا شسته شده، سپس به قطعات کوچک تقسیم شدند. کلم‌های خرد شده روی سینی‌های آون پوشیده شده با فویل‌های آلومینیومی قرارداده شده و به مدت ۲ روز در دمای ۳۵ ±۵°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 (جدول۳)، شرایط استخراج بر روی نمونه ها اعمال شد. پس از مرحله استخراج، محلول حاوی حلال و پودر کلم قرمز، در حجم یکسان به داخل فالکون ۵۰ انتقال داده شده و سانتریفیوژ شد. محلول صاف شده‌ی روی فالکون 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 Expert انجام شد. متغیرهای بهینه‌سازی استخراج شامل دما (۴۰-۸۰°C)، زمان (۱-۳ h)، نسبت حلال به ماده جامد (۲۰-۴۰ml/g) و نوع حلال (اتانول اسیدی، آب اسیدی و اتانول ۵۰٪ : آب اسیدی۵۰٪) بودند.

۲-۳-اندازه گیری 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 pH=۱ و سدیم استات ۰/۴مولار در pH =۴/۵، و با توجه به فرمول زیر محاسبه شد.

غلظت آنتوسیانین (mg/L) = [(A×MF×DF)/ε]×L

در این فرمول MF وزن مولکولی آنتوسیانین برابر (g/mol) ۴۴۹۲، ε جذب مولی آنتوسیانین برابر(L/cm mol)۲۶۹۰۰، DF فاکتور رقت برابر۲۱، L قطر سل اسپکتروفوتومتر برابر ۱cm و A مقدار جذب نمونه براساس فرمول ذیل می باشد.

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

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 ۲۰ml آب مقطر به آن اضافه شد و تا دمای ۱۱۰ °C و رسیدن به بریکس ۸۰ حرارت داده شد. همزمان با تولید شربت قندی، ۲۰ml 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 °C ۶۰ حرارت داده شد تا کاملا مخلوط شود سپس ۸/۲ گرم ژلاتین را توزین و به اینولین اضافه کرده و تا حل شدن کامل ژلاتین، در دمای °C ۶۰ حرارت داده شد. پس از کاهش دمای شربت قندی به زیر °C ۱۰۰ ، محلول ژلاتین و اینولین را به شربت قندی اضافه و مخلوط حاصل با یک مگنت مغناطیسی در دمای °C ۶۰ 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 ۳سطح (۰/۰۳۵، ۰/۹، ۱/۴)

ml

(جدول۱) به مخلوط اضافه شد، به این ترتیب ۹ تیمار پاستیل با درصد های مختلف آنتوسیانین و استویوزاید (جدول۲) 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 (%)
$\mathbf{S_1A_1}$	(0.05 S- 0.035 A)
$\mathbf{S_2A_1}$	(0.1S– 0.035 A)
$\mathbf{S_3A_1}$	(0.15 S - 0.035 A)
$\mathbf{S_1A_2}$	(0.05 S- 0.9 A)
$\mathbf{S_2A_2}$	(0.1 S- 0.9 A)
$\mathbf{S_3A_2}$	(0.15 S- 0.9 A)
$\mathbf{S_1A_3}$	(0.05 S- 1.4 A
$\mathbf{S_2A_3}$	(0.1 S- 1.4 A)
$\mathbf{S_3A_3}$	(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 ۰۰٤۱٦۱ 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 هانترلب (مدل ٤٥/۰ ساخت کشور آمریکا) انجام شد.

۲-٦-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 شد. رتبه‌بندی با اختصاص رتبه‌های ۱، ۲، ۳، ٤، 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 سنج (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 قطر۳/۵ سانتی‌متر، سرعت حرکت پروپ ٦۰ میلی‌متر بر دقیقه و نیروی ۱۰۰N و 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 کاملا تصادفی بر پایه فاکتوریل مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای مورد آزمون شامل آنتوسیانین در ۳ سطح و درصد استویوزاید در ۳ سطح بود. کلیه آزمون ها در ۲ تکرار انجام شد. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SPSS, version19 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 جدول۳ انجام پذیرفت. شرایط استخراج شامل نسبت حلال به ماده جامد ml/g (۱/۲۰، ۱/۳۰، ۱/٤۰)، دمای استخراج °C (٤۰ -٦۰-۸۰)، و در طی زمان h (۱-۲-۳) ، بود. مقادیر پاسخ‌ها تحت شرایط مختلف آزمون در جدول۳ مشاهده می‌گردد. نتایج آنالیز واریانس آنوا چند مدل رگرسیونی برای بازده آنتوسیانین استخراجی از کلم قرمز در جدول ٤ نشان

داده شده است . نتایج حاکی از آن بود که مدل 2FI برای بازده آنتوسیانین معنی دار 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 پیش بینی و توضیح نمی‌باشد. آزمون عدم برازش (Lack- of - fit) بیانگر عدم موفقیت مدل جهت نشان دادن داده‌ها در دامنه مدل رگرسیونی، می‌باشد. مطابق جدول۵، عدم برازش معنی دار نبود. بنابراین همه نتایج حاکی از آن بودند که مدل 2FI تحت شرایط مختلف دما، نسبت حلال به ماده جامد و نوع حلال به خوبی بازده آنتوسیانین را پیش بینی می‌کند. آنالیز رگرسیون چندگانه (2FI) بر روی داده‌های آزمون انجام شد و معادله (۱) برای پاسخ‌های پیش‌بینی شده بازده آنتوسیانین به صورت کدگذاری شده بدست آمد.

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

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. معنی داری 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 اثرمتقابل X_1X_4، به طور قابل توجهی بازده آنتوسیانین را تحت تاثیر قرار داد ($P\leq$۰/۰۱). نوع حلال اثر خطی معنی داری 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 پیش بینی شد.

۳-۲-شرایط بهینه استخراج جهت بیشینه‌سازی بازده آنتوسیانین و ارزیابی شرایط بهینه

راندمان بیشینه تحت شرایط دمای $^{\circ}C$ ۴۰، نوع حلال آب اسیدی، زمان ۱ ساعت و نسبت حلال به ماده جامد ۲۰، پیش بینی شد **و** تحت این شرایط میزان آنتوسیانین کل پیش‌بینی شده ۲۷۴میلی‌گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک به دست آمد (جدول ٤). ارزش مدل با انجام آزمون تحت شرایط بهینه مورد ارزیابی قرار گرفت و بازده ۳۰۰/۵۳ میلی گرم به ازای ۱۰۰گرم ماده خشک به دست آمد. بنابراین تنها انحراف ۹/٦ درصدی بین داده های آزمون و مقادیر پیش بینی شده وجود داشت و مدل با قدرت پیش بینی ۹۰/۳ ٪ تایید شد.

شواهد بدست آمده در نتایج سایر محققان با یافته های 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 آنتوسیانین ها با استفاده از استخراج بر پایه آب، روشی بهتر است. اخباری و همکاران (۱۳۹۳)، به این نتیجه رسیدند بیشترین غلظت آنتوسیانین به ترتیب درحلال آب، متانول و اتانول وجود دارد. درنتیجه آب را به عنوان بهترین حلال استخراج آنتوسیانین‌ها، باتوجه به ارزانی و در دسترس بودن و ایمنی، عدم سمیت و مطلوبیت زیست محیطی انتخاب کردند[۱۳]. انصاری و حجتی (۱۳۹٦)، بیان کردند با افزایش دما میزان آنتوسیانین‌ها کاهش می‌یابد و دما یکی از مخرب‌ترین عوامل تاثیرگذار 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 نسبت های بالا به دلیل ایجاد اختلاف غلظت و استخراج سریع تر آنتوسیانین، پارامتر زمان تاثیر چندانی بر استخراج ندارد [٦].

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

Sourc	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_1X_2	774.63	1	74.63	1.14	0.29	
X_1X_3	182.36	1	982.36	1.45	0.24	
X_1X_4	15172.85	1	15172.85	22.33	0.0001	**
X_2X_3	12.55	1	12.55	0.018	0.89	
X_2X_4	307.81	1	307.81	0.45	0.50	
X_3X_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
Eroor	1548.06	5	309.61			
Total	78068.09	29				

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

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر خطی دما - نوع‌حلال و اثر متقابل بر بازده‌ی استخراج آنتوسیانین، معنی‌دار بود (**P** <۰/۰۱). 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 ۴۰ °C افزایش بازده و در دمای ۸۰ °C کمترین بازده استخراج آنتوسیانین را داشت. حلال اتانول اسیدی (۱) و آب اسیدی- اتانول (۰)، هم در دمای ۴۰ °C افزایش بازده را نسبت به دمای ۸۰°C داشتند. به نظر می‌رسد در ابتدا، افزایش دما موجب افزایش نفوذپذیری حلال به سلول های گیاهی و درنتیجه 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].

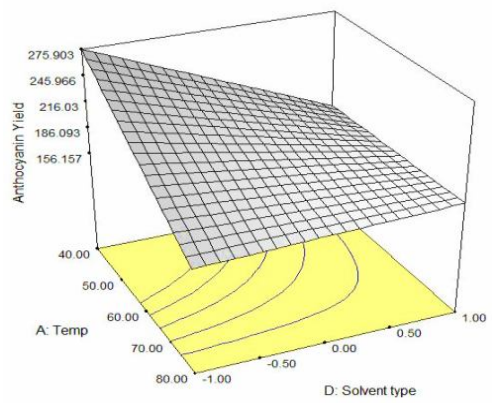

Fig 1 Interaction of temperature and solvent type on anthocyanin efficiency

۳-٤-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 سطح۳ (۱/٤٪)، بالاترین سطح عصاره‌ی آنتوسیانین و کمترین میزان رطوبت مربوط به سطح ۲ و۱ (۰/۹-۰/۰۳۵) کمترین سطح عصاره‌ی آنتوسیانین بود. طبیعی است هر چه میزان درصد عصاره آنتوسیانین بیشتر باشد، میزان آب بیشتری وارد نمونه پاستیل شده

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 شیره خرما نسبت به شکر کاهش بریکس امری طبیعی می‌باشد و این کاهش بریکس به علت درصد رطوبت شیره خرما (۲۰٪) است[۱٤].

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 (۱۳۹٦)، گزارش کردند افزایش میزان رطوبت می‌تواند مرتبط با میزان پکتین موجود در پوره هلو باشد. مواد صمغی از جمله پکتین می‌توانند در افزایش میزان رطوبت فرآورده‌های غذایی نقش داشته باشند[۱۵]. نتایج آنالیز واریانس رنگ سنجی نشان داد با افزایش عصاره ی آنتوسیانین شاخص قرمزی **a***، افزایش پیدا می‌کند. طبیعی است باافزایش 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 آزمون های حسی نمونه های پاستیل فراسودمند

Table 7 Results of Sensory parameters

Sample	Clearness	Color	flavor	Adhesiveness	Chewiness	Texture desirability	General acceptance
S_1A_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_2A_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_3A_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_1A_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_2A_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_3A_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_1A_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_2A_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_3A_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

نتایج آنالیز واریانس ارزیابی حسی نمونه های 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(۱/٤٪- ۰/۹٪) دارای مطلوبیت بافت بیشتر نسبت به نمونه‌های دارای سطح پایین آنتوسیانین (۰/۰۳۵٪)، بودند. با توجه به اینکه افزایش سطح آنتوسیانین و به دنبال آن افزایش پکتین سبب افزایش رنگ نمونه‌ها و افزایش رطوبت و نرمی بافت می-شود 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 نبود(چسبندگی، قابلیت جویدن). دلیل این اختلاف را می‌توان به دقت و حساسیت تجزیه‌های دستگاهی در مقایسه با ارزیابی حسی نسبت داد. بولاند و همکاران (۲۰۰٤)، اظهار داشتند که رهاسازی طعم به طور معنی‌داری با بافت ژل در ارتباط است. بافت سخت‌تر باعث رهایش کمتر مواد طعمی می‌شود. گزارشات رضایی وهمکاران (۱۳۹۱) و هالود و همکاران ۲۰۰۲، نتایج فوق را تایید کرد[۱٦].

۳-٦-نتایج بررسی ویژگی های بافتی نمونه های پاستیل فراسودمند

نتایج آنالیز واریانس نشان داد، اثر مستقل آنتوسیانین و استویا و اثر متقابل آنتوسیانین و استویا بر سختی معنی دار می باشد ($p\leq$۰/۰۵) 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

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

Table 8 Results of texture analysis

Sample	Hardness	Gumminess	Sapple	Adhesiveness	Cohesiveness	Springiness
S_1A_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_2A_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_3A_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_1A_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_2A_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_3A_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_1A_3	5214±5.7	22.09±0.61	89.21±0.78	1.28±0.79	0.43±0.03	4.04±0.02
S_2A_3	48.99±6.8	22.79±1.47	92.09±7.16	1.85±0.51	0.47±0.035	4.04
S_3A_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

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 سفتی بافت محصول نهایی می‌شود. نتایج اثر متقابل آنتوسیانین و استویا بر سختی پاستیل معنی‌دار شد که با توجه به جدول آنالیز واریانس نمونه ۲۲و۲۳ بیشترین سختی و نمونه‌های ۳۳،۳۲،۳۱ کمترین سختی را داشتند. به نظر می‌رسد افزایش رطوبت در سطح ۳ آنتوسیانین نسبت به سطح۲، باعث کاهش سختی شده است. نتایج آنالیز واریانس پیوستگی نشان داد اثر مستقل آنتوسیانین و استویا بر پیوستگی پاستیل کم کالری معنی‌دار است($p\leq$۰/۰۵) 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 بررسی های محققان ،خلیلیان و همکاران (۱۳۸۹)، 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 می کند. 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، نمونه های 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$۰/۰۵). 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 رابطه ی 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

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 عصاره‌ی آنتوسیانین، الاستیسیته بیشتر می شود($p\leq$۰/۰۵). 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 ستسر و همکاران (۲۰۰۳)، هر چه واکنش بین اجزای پلیمر بیشتر باشد، حلالیت کاهش یافته و عموما 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$۰/۰۵). 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 طولانی تری 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 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. احتمالا 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.

٤-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 نمونه حاوی ۰/۹٪ آنتوسیانین و ۰/۱٪ استویا خصوصیات بافتی مناسبی داشت، به عنوان نمونه برتر معرفی شد.

٥-منابع

[1] Sobhi, A., Azizi, S., Barzegar, M. H., Taslimi, M., 2010. Comparision 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)

[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)

[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.,Shahiri 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.CB. 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.

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

ARTICIE INFO

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

ABSTRACT

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 ^{o}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 ^{oC} and 1 hour and the solvent / solids ratio of 20 ml/g, with acidic solvent. The results of analysis of variance showed that the FI2 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.