اثر غلظت‌های مختلف پکتین و ژلاتین بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌های زرشک سیاه در پاستیل میوه‌ای

نگین رزمجو
کارشناس ارشد صنایع غذایی

پروفسور یحیی مقصودلو
استاد علوم و مهندسی صنایع غذایی

مژده صلبی
دانشجوی دکتری صنایع غذایی

چکیده

زرشک سیاه یکی از منابع غنی از آنتوسیانین است که می‌تواند به‌عنوان رنگ طبیعی در فرآورده‌های غذایی نظیرپاستیل‌مورد استفاده قرار گیرد به طور کلی، استفاده از پکتین در فرمولاسیون پاستیل میوه‌ای، به ویژه در غلظت‌های بهینه، می‌تواند به طور قابل توجهی به پایداری رنگ و آنتوسیانین‌های زرشک کمک کند. با این حال، برای دستیابی به بهترین نتایج، باید به عوامل مختلفی مانند نوع پکتین، غلظت ژلاتین، شرایط نگهداری و سایر ترکیبات موجود در محصول توجه شود. افزایش غلظت پکتین معمولاً منجر به پایداری بیشتر رنگ در طول نگهداری می‌شود. پکتین با تشکیل یک ماتریس، از اکسیداسیون و تخریب آنتوسیانین‌ها جلوگیری می‌کند. در اکثر موارد، افزایش غلظت پکتین با افزایش میزان آنتوسیانین حفظ شده در محصول همراه است. این به دلیل توانایی پکتین در ایجاد یک محیط پایدار برای آنتوسیانین‌ها است.ژلاتین به‌عنوان یک عامل ژل‌کننده، به بهبود بافت پاستیل و حفظ رطوبت کمک می‌کند. این امر به طور غیرمستقیم بر پایداری رنگ نیز تأثیر می‌گذارد، زیرا محیط با رطوبت کمتر، شرایط مناسب‌تری را برای اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها فراهم می‌کند. در برخی موارد، استفاده هم‌زمان پکتین و ژلاتین ممکن است منجر به تداخل بین این دو ماده و کاهش اثر مثبت پکتین بر پایداری رنگ شود. طبق نتایج این تحقیق پایداری آنتوسیانین‌ها طی نگهداری به طور معناداری با افزایش درصد پکتین نمونه‌ها افزایش یافت. میزان تخریب پارامترهای رنگی و میزان آنتوسیانین‌ها در نمونه‌ها فاقد پکتین بیشتر از بقیه نمونه‌ها به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که

واکنش الکترواستاتیکی بین کاتیون فلاویلیوم آنتوسیانین‌ها و گروه کربوکسیلیک یونیزه شده پکتین باعث افزایش پایداری آنتوسیانین‌ها ظی نگهداری شده است.

کلیدواژه: پکتن، ژلاتین، زرشک سیاه، پاستیل میوه‌ای.

مقدمه

زرشک سیاه (Berberis crataegine) به دلیل طعم ترش و رنگ قرمز - بنفش عمیق آن شناخته شده است. این رنگ به دلیل وجود مقادیر بالای آنتوسیانین در این میوه است. آنتوسیانین‌ها ترکیبات فنلی هستند که فواید سلامتی متعددی از جمله خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی دارند. پاستیل میوه‌ای نوعی آب‌نبات ژله‌ای است که از آب‌میوه، شکر و ژل‌دهنده مانند پکتین یا ژلاتین تهیه می‌شود. پاستیل میوه‌ای به دلیل طعم، رنگ و بافت جذاب، در بین کودکان و بزرگسالان محبوب است. با توجه به تمایل روزافزون به جایگزینی رنگ‌های مصنوعی با رنگ‌های طبیعی، استفاده از آنتوسیانین زرشک سیاه به‌عنوان رنگ‌دهنده در پاستیل میوه‌ای جذابیت دارد. بااین‌حال، آنتوسیانین‌ها در برابر عوامل محیطی مانند نور، گرما و pH ناپایدار هستند و می‌توانند به‌سرعت تخریب شوند (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۳). پکتین و ژلاتین دو ژل‌دهنده رایج هستند که می‌توانند بر پایداری رنگ و آنتوسیانین در غذاها تأثیر بگذارند. پکتین یک پلی‌ساکارید است که از دیواره سلولی گیاهان استخراج می‌شود. ژلاتین پروتئینی است که از کلاژن حیوانی تهیه می‌شود (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۳). هدف از این مطالعه بررسی اثر غلظت‌های مختلف پکتین و ژلاتین بر پایداری رنگ و آنتوسیانین زرشک سیاه در پاستیل میوه‌ای است. در این مطالعه، پاستیل‌های میوه‌ای با غلظت‌های مختلف پکتین و ژلاتین تهیه و در طول زمان از نظر رنگ و محتوای آنتوسیانین ارزیابی می‌شوند. انتظار می‌رود که پکتین و ژلاتین با محبوس کردن آنتوسیانین در ماتریس پاستیل و محافظت از آنها در برابر عوامل تخریب‌کننده، به حفظ رنگ و آنتوسیانین کمک کنند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند اطلاعات مفیدی برای تولیدکنندگان پاستیل میوه‌ای ارائه دهد تا محصولاتی با رنگ و خواص آنتی‌اکسیدانی طبیعی تولید کنند. زرشک‌ها (species.Berberis) مجموعه‌ی بزرگی از درختچه‌های خاردار و همیشه‌سبز است که از گذشته‌های دور اقسام مختلف آن اعم از ریشه، برگ، پوست و میوه در ایران به‌عنوان دارو مورداستفاده قرار می‌گرفته است. زرشک معمولی با نام علمی Berberis vulgaris از تیره بربریداسه می‌باشد. درختچه‌ی این گیاه خاردار به ارتفاع ۱ تا ۳ متر و دارای شاخه‌های شکننده است. چوب آن زردرنگ است به‌طوری‌که اگر شاخه درخت شکسته شود، این رنگ به خوبی دیده می‌شود. این درختچه در جنگل‌های اروپا و آسیا یافت می‌شود. گل‌های آنکه در اردیبهشت و خرداد ظاهر می‌شود به رنگ زرد و مجتمع به صورت خوشه‌ای آویخته است. میوه‌ی آن کوچک، قرمزرنگ، بیضوی، به طول هفت تا ده و به عرض سه تا چهار

میلی‌متر است. نژادهای دیگری از این گیاه دارای میوه‌هایی به رنگ‌های زرد، بنفش و یا آبی تیره دارند. گونه‌های مختلفی از این گیاه وجود دارد که تعدادی از این‌گونه‌ها که در ایران رشد می‌کنند در تمام قسمت‌های گیاه زرشک آلکالوئیدهای بربرین، اکسیاکانتین، بربامین وجود دارد. مقدار آلکالوئید در پوست ریشه زرشک بیشتر از قسمت‌های دیگر این گیاه است. میوه زرشک دارای ، حدود ۴ ٪ مواد قندی، ۶۹ ٪ اسید مالیک و اسید تارتاریک و مقداری صمغ می‌باشد (کافی و بالندری، ۱۳۸۱) دیدگاه جهانی زرشک در درجه اول یک گیاه دارویی است که قابلیت استخراج مواد مؤثر را دارد و دیدگاه دوم یک گیاه زینتی است. هیچ کشوری در جهان وجود ندارد که چشم‌انداز صنعتی کاملی به زرشک داشته باشد، هرچند هند تا حدودی چشم‌انداز صنعتی دارد. گیاهان دارویی حاوی بربرین برای هزار سال است که عمدتاً به‌عنوان داروهای ضداسهال در چین و هند استفاده می‌شود. برخی از پزشکان قدیمی ایتالیایی بربرین و پوست ساقه زرشک را برای خلاص‌شدن از شر طحال ناشی از مالاریا مؤثر می‌دانستند. چون این ماده روی سیاهرگ‌ها اثر مفیدی دارد و التهاب آن‌ها را برطرف می‌کند، در درمان بواسیر و واریس نیز مؤثر است (کافی و بالندری، ۱۳۸۱). مصرف زرشک به‌صورت تازه به دلیل طعم ترش مرسوم نیست، با تهیه انواع فرآورده‌ها مانند مربا، مارمالاد، آبغوره، نوشابه، پاستیل، سس، ژله از زرشک، ضمن جذب مازاد تولید بر مصرف و ایجاد ارزش‌افزوده، می‌توان استفاده آن را نیز افزایش داد و با نام ایران در بازارهای بین‌المللی معرفی نمود. از جمله فراورده‌های جدید میوه‌ها، پاستیل میوه‌ای است که ضمن بالابودن ارزش تغذیه‌ای به دلیل کاهش فعالیت آب، زمان ماندگاری بالایی دارد و جایگزین پاستیل‌های رایج در بازار که حاوی ژلاتین، اسید، رنگ، اسانس و سایر افزودنی‌های مصنوعی هستند، گردد. پاستیل میوه‌ای فراورده‌ای است که پایه اصلی آن پوره میوه هیدروکلوئیدها و ترکیبات شیرین‌کننده می‌باشد. این فرآورده 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 به‌ویژه از نظر میزان مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبر، زمان ماندگاری بالا، طعم مطلوب، می‌تواند موردتوجه قشر وسیعی از جامعه قرار گیرد (فرهادی، ۱۳۸۸؛ فتحی، ۱۳۷۱). فرهادی و همکاران (۱۳۹۳) طی مطالعات خود نشان دادند که زرشک زالزالکی در مقایسه با سایر گونه‌های زرشک، حاوی مقادیر بالایی از آنتوسیانین است که می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای رنگ‌های مصنوعی پیشنهاد شود. با این وجود، کاربرد موفقیت آمیز این رنگدانه ها به افزایش پایداری آنها بستگی دارد. مطالعات زیادی در زمینه اثر ساختار آنتوسیانین‌ها، pH، دما، نور و واکنش با ترکیبات ماده غذایی نظیر قندها، کوپیگمنت‌ها و آسکوربیک اسید بر روی پایداری آنتوسیانین‌ها انجام شده است (کاوالکانتی، ۲۰۱۱) همچنین امروزه مشخص شده است که برخی از هیدروکلوئیدها به خصوص پکتین

می‌توانند پایداری آنتوسیانین‌ها را در سیستم‌های ژلی افزایش دهند. باچویت و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که پکتین به طور معناداری باعث پایداری آنتوسیانین‌های کارنت سیاه در سیستم ژلی حاوی پکتین می‌شود. مایر و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که پکتین در مقایسه با ژلاتین، آنتوسیانین‌های عصاره انگور را طی نگهداری در سیستم مدل ژله، بهتر حفظ می‌کند.

هابرمن و همکاران (۲۰۰۶) پیوستگی بین‌مولکولی بین گروه‌های کربوکسیل پکتین و آنتوسیانین‌ها را عامل بهبود پایداری آنتوسیانین‌ها در سیستم‌های حاوی پکتین بیان کردند. با توجه به اینکه مطالعه‌ای در مورد اثر پکتین بر آنتوسیانین‌های زرشک سیاه در منابع وجود ندارد، لذا در این پژوهش اثر درصدهای مختلف پکتین بر سینتیک تخریب آنتوسیانین‌ها و پارامترهای رنگی عصاره زرشک سیاه در سیستم مدل پاستیل میوه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

پکتین

نوعی پلی‌ساکارید (هترو پلی‌ساکارید) یا فیبر می‌باشد که به طور طبیعی در بسیاری از گیاهان و سبزیجات یافت می‌شود، و عامل پیوند بین سلول‌های گیاهی است یک پلیمر اشتقاقی قندی - اسیدی است که از ساختارهای ژلاتینی گیاهی موجود در میوه‌جات و سبزیجات به دست می‌آید. حداکثر پکتین موجود در میوه‌های نارس یافت می‌شود که پس از فرارسیدن مرحله رسیدن میزان و حتی کیفیت پکتین استحصال شده کاهش می‌یابند. اسید گالاکترونیک اصلی‌ترین بلوک سازنده شیمیایی پکتین موجود در میوه و سبزی می‌باشد که خود جزو گروه پلیمرهای اسید انهیدرو گالاکترونیک می‌باشد. اسیدهای موجود در پلیمر ممکن است به‌صورت اسیدهای متیل شده دربیایند یا به شکل اسیدهای آزاد مثل پروتوپکتین، اسید ژلاتینی، اسید پکتینی و پکتین در بیاید. پکتین، پلی‌ساکارید پیچیده‌ای است که در حدفاصل بین دیواره‌های سلولی گیاهان مختلف وجود دارد و حدود ٪۳۵ از دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می‌دهد (ماهنن، ۲۰۰۸(این پلی ساکارید از نظر شیمیایی پلی مری طویل از ۱و ۴ آلفادیگالاکتورونیک اسید می‌باشد که در زنجیره جانبی آن قندهایی ازجمله رامنوز، آرابینوز، گالاکتوز و زایلوز وجود دارند (یاپو، ۲۰۱۱) در برخی نقاط از زنجیره پلیمر، عامل کربوکسیل آن با متانول به‌صورت استر در آمده است (مصباحی و جمالیان، ۱۳۸۱). پکتین بر اساس درجه استریفیکاسیون به دو گروه با درجه متوکسی بالا (درجه استری بالا، بیش از٪۵۰) و درجه متوکسی پایین (کمتر از ٪۵۰) تقسیم‌بندی می‌شوند. درجه استریفیکاسیون عامل کلیدی در خواص رئولوژی و فیزیکوشیمیایی پکتین می‌باشد بهطوری که توانایی پکتین در تشکیل ژل به آن بستگی دارد. از طرفی مقدار بالاتر اسید گالاکتورونیک از

مشخصات خلوص بالاست (وثوقی، ۱۳۷۵). ازآنجایی‌که پکتین بدون هر گونه چربی و کالری است، یک ماده افزودنی کاملاً سالم محسوب می‌شود و دارای خواص عملکردی زیادی بوده و می‌تواند به‌عنوان غلیظ‌کننده، عامل تشکیل ژل، پایدارکننده، امولسیفایر و عامل باندکننده کاتیون عمل کند. در مواد غذایی به‌عنوان استابلایزر یا تثبیت‌کننده در انواع شیرینی، نوشیدنی و آبمیوه و ماست استفاده می‌شود. از پکتین به‌عنوان قوام‌دهنده و ژلاتینی کننده در مواد غذایی استفاده می‌شود. گاهی اوقات پکتین جایگزین چربی یا قند در غذاهای کم‌کالری می‌شود. پکتین به‌عنوان فیبر طبیعی باعث افزایش دفع مواد زاید از روده و در نتیجه کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مرتبط با دستگاه گوارش شده و نیز به علت پیوند با چربی‌ها و دفع آن‌ها موجب کاهش بیماری‌های قلبی عروقی و نیز کمک به کاهش وزن می‌گردد. (فتحی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ساتو و همکاران، ۲۰۱۱). پکتین می‌تواند به‌عنوان یک محصول جانبی از منابع مختلفی مانند تفاله سیب‌درختی، تفاله و پوست (لایه داخلی سفیدرنگ) مرکبات، تفاله چغندرقند و طبق گل آفتاب‌گردان استخراج شود (کرامت و همکاران، :۱۳۸۱ مصباحی، ۱۳۸۸). بیشترین بازده تولید پکتین از پوست مرکبات می‌باشد (آزادبخت و همکاران، ۱۳۸۲; مصباحی و جمالیان و ۱۳۸۱)، رایج‌ترین شیوه برای استخراج صنعتی پکتین، استخراج اسیدی می‌باشد گرچه آبکافت اسیدی در دمای بالا معایبی نیز دارد که عیب اصلی آن نگرانی‌های زیست محیطی به خاطر تولید حجم بالایی از فاضلاب اسیدی می‌باشد. پکتین قسمت اصلی از مواد تشکیل‌دهنده جداره سلول‌های گیاهی می‌باشد، بخش عمده این ماده به طور پلیمری از کالاکتورونیک اسید است. هنگامی که تمام عوامل کربوکسیل به حالت استر تبدیل شوند، بخش‌های متوکسیل در مولکول، ۱۶ درصد وزنی کل پکتین را تشکیل می‌دهند، اما در طبیعت معمولاً چنین چیزی به وجود نمی‌آید و انواع پکتین‌های طبیعی موجود دارای ۹ تا۱۲درصد گروه متوکسیل هستند؛ بنابراین درجه متیل‌دار یا متیله بودن که در مورد آن به کار می‌رود عبارت است از نسبت تعداد گروه‌های متوکسیل به تعداد کل واحدهای کالاکتورونیک اسید، ضرب در صد. به‌منظور ایجاد ویسکوزیته، پایداری و سوسپانسیون ماده معلق در نوشیدنی‌ها و غلظت در صنایع غذایی، از آن استفاده می‌شود. در صنعت، بیشتر از همه به‌منظور ایجاد ژل در محصولات غذایی کاربرد دارد

کاربرد پکتین در صنایع دارویی

کاهش کلسترول:

از کاربرد این ماده در داروسازی می‌توان به تأثیر در کاهش کلسترول به خون اشاره نمود. بهترین نتیجه زمانی به‌دست‌آمده است که پکتین به صورت خوراکی مصرف شده است و تأثیر به سزایی در کاهش کلسترول خون داشته است.

تأثیرگذاری شربت ضد سرفه:

در تولید شربت ضد سرفه مصرف می‌شود. از جایی که شربت سرفه به‌منظور تقلیل دهنده تحریکات گلو و کاهش درد گلو به کار می‌رود؛ ازاین‌رو مناسب است که این شربت دارای ویسکوزیته مناسب و ژل‌مانند باشد تا بتواند در مدت زمانی روی سطح گلو باقی بماند و تأثیر کاهش درد و تحریک گلو را تا مدت زمانی باقی بگذارد.

تولید پکتین:

به‌منظور تولید آن در کارخانه، ابتدا ماده اولیه (پوست مرکبات، تفاله سیب و...) را حرارت می‌دهند. هم‌زمان توسط اسید، PH محلول را به ۲ می‌رسانند که در این حالت، آن را در دمای ۱۰۰-۹۳ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت حرارت می‌دهند. پس از پایان این بخش، ذرات پوست و ناخالصی‌ها گرفته می‌شود و محلول صاف می‌شود. برای جدا کردن آب ازماده اصلی معمولاً از حلال‌های ایزوپروپانول، ایزوبوتانول یا اتانول استفاده می‌شود. سپس به صورت ژلاتین رسوب می‌کند. در انتها توسط پرس و جریان هوای گرم، و تا رطوبت ۱۰-۶ درصد خشک می‌گردد (ابراهیم‌زاده و آزادبخت، ۱۳۸۵)

آنتوسیانین

آنتوسیانین‌ها یک گروه از ترکیبات فلاونوئیدی هستند که بزرگ‌ترین گروه رنگ‌دانه‌های محلول در آب را در گیاهان تشکیل می‌دهند. کلمه آنتوسیانین از دوکلمه یونانی anthos به معنی گل و cyanos به معنی آبی گرفته شده است. در ابتدا برای توصیف رنگ‌دانه‌های آبی گل‌گندم تحت نام Centaurea cyanus استفاده می‌شد. آنتوسیانین‌ها

مهم‌ترین گروه از رنگ‌دانه‌های طبیعی بعد از کلروفیل هستند که غیرسمی و محلول در آب بوده و به مقدار زیاد در مایع سلول‌های گیاهی وجود دارند و مسئول رنگ‌های قرمز، آبی، بنفش، نارنجی و صورتی در بسیاری از میوه‌ها، سبزی‌ها و گل‌ها می‌باشند (چاندراسخار، ۲۰۱۲). این رنگ‌دانه‌ها به خانواده‌های از ترکیبات متعلق‌اند که به‌عنوان فالونوئیدها شناخته می‌شوند که به دلیل ظرفیت آنتوسیانین‌ها برای تشکیل کاتیون فلاویلیوم از دیگر ترکیبات فالونوئیدها قابل تمیزدادن هستند (مازا، ۲۰۰۷).

هزاران ترکیب فلاونوئیدی در گیاهان وجود دارد که در میان آنها آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها و پروآنتوسیانیدین‌ها فراوان‌ترین ترکیبات هستند فلاونوئیدها بسته به گونه‌های گیاهی و شرایط محیطی عملکردهای متعددی دارند. به‌عنوان‌مثال، فلاونول‌ها و پروآنتوسیانیدین‌ها به‌عنوان عوامل محافظتی در برابر اشعه ماوراء بنفش استفاده می‌شوند پروآنتوسیانیدین‌ها، همچنین به‌عنوان تانن‌های متراکم شناخته می‌شوند، از گیاهان در برابر حشرات گیاهخوار بزرگ‌تر و پاتوژن‌های میکروبی محافظت می‌کنند. آنتوسیانین‌ها رنگ‌دانه‌های رنگی در گلبرگ‌های گیاهان هستند که گرده‌افشان‌ها و دانه پراکنده‌ها را جذب می‌کنند. فلاونوئیدها برای رژیم غذایی و سلامت انسان بسیار مفید هستند. مطالعات متعددی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدها را در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی و خواص ضدالتهابی و ضد سرطانی آنها ثابت کرده است. ساختار شیمیایی نقش مهمی در پایداری آنتوسیانین‌ها دارد (مازا، ۲۰۰۷). رفتار شیمیایی مولکول رنگ‌دانه را می‌توان با الگوهای جایگزینی آنتوسیانین، تعداد و محل گروه‌های هیدروکسیل و متوکسیل در آگیلکون تعیین کرد. همچنین قطعات گلیکوزیل و گروه‌های آسیل متصل به آگلیکون و محل پیوند تأثیر بسزایی در پایداری و واکنش‌پذیری مولکول‌های آنتوسیانین دارند. همچنین افزایش هیدروکسیلاسیون آژیلیکون باعث افزایش دردسترس‌بودن و متیلاسیون هیدروکسیل باعث تضعیف پایداری آنتوسیانین می‌شود. الگوهای جایگزینی گروه‌های متوکسیل و هیدروکسیل نه تنها بر پایداری آنتوسیانین‌ها بلکه بر روی رنگ ظاهری آن نیز تأثیر دارد. هنگامی که تعداد گروه‌های هیدروکسیل افزایش می‌یابد، رنگ آنتوسیانین‌ها از صورتی به آبی تغییر می‌کند. هنگامی که گروه‌های متوکسیل جایگزین هیدروکسیل می‌شوند، روند معکوس مشاهده می‌شود. پلارگونیدین، سیانیدین و دلفینیدین نسبت به پئونیدین، پتونیدین و مالدوئین به دلیل مسدودشدن گروه‌های هیدروکسیل فعال توسط متیلاسیون، پایداری کمتری دارند (آزادبخت و همکاران، ۱۳۸۲; مصباحی و جمالیان و ۱۳۸۱).

آنتوسیانیدین‌ها اغلب در گل‌ها و میوه‌ها در فرم گلیکوزیله خود یعنی آنتوسیانین‌ها وجود دارند. معمولاً آنتوسیانیدین گلیکوزیدها به صورت ۳- مونوگلیکوزید و ۳ و ۵- دیگلیکوزید هستند (هوربوویچ و همکاران، ۲۰۰۸). به همین دلیل آنتوسیانین‌ها توسط تعداد واحدهای گلیکوزیل موجود در ساختار خود طبقه‌بندی می‌شوند: مونوگلیکوزیدها که دارای یک واحد گلیکوزیل در ساختار خود هستند که این واحد گلیکوزیل به گروه ۳- هیدروکسیل متصل می‌شود (برولارد، ۱۹۸۲). در دیگلیکوزیدها دو واحد گلیکوزیل به گروه‌های ۳- هیدروکسیل و ۵- هیدروکسیل از آنتوسیانیدین متصل می‌شود و ممکن است به ندرت به گروه‌های ۳- هیدروکسیل و ۷- هیدروکسیل متصل شوند. گاهی اتفاق می‌افتد که هر دو واحد گلیکوزیل به کربن ۳ متصل می‌شوند. در تریگلیکوزیدها، دو تا از واحدهای گلیکوزیل به کربن ۳ و یکی به کربن ۵ یا کربن ۷ متصل می‌شود (کاهکونن، ۲۰۰۳) رایج‌ترین واحد گلیکوزیل آنتوسیانین، گلوکز است بااین‌حال گزیلوز، گالاکتوز، آرابینوز، رامنوز نیز می‌توانند در ساختار آنتوسیانین‌ها وجود داشته باشند (هوربوویچ و همکاران، ۲۰۰۸).

پایداری آنتوسیانین‌ها

آنتوسیانین‌ها از نظر پایداری بسیار ضعیف هستند. هسته آنتوسیانین‌ها به دلیل کمبود الکترون دارای قابلیت واکنش زیادی است که این واکنش‌ها سپس تغییر رنگ این رنگ‌دانه‌ها می‌شوند. همین عامل ممکن است کاربرد آنتوسیانین‌ها را به‌عنوان رنگ طبیعی غذاها محدود کند. پایداری آنتوسیانین‌ها به چندین فاکتور شیمیایی و فیزیکی بستگی دارد مثل: دما، نور، pH فلزات، اکسیژن، اسید آسکوربیک، قندها و فراورده‌های تجزیه‌ای آنها، آنزیم‌ها، کوپیگمانتاسیون و غلظت و ساختار آنتوسیانین (ریس و سیسنروس-زوالوس، ۲۰۰۷) در چنین حالتی این مسئله مطرح می‌شود که چگونه آنتوسیانین‌ها رنگ خاص خود را حفظ می‌کنند و نظیر هنگامی که در یک محلول هستند تبدیل به مادهای بیرنگ نمی‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مولکول‌های آنتوسیانین به صورت متصل به یکدیگر هستند و از طریق پیوندهای هیدروفوبی و هیدروژنی که میان هسته‌های فلاویلیوم آنها برقرار می‌گردد دارای یک ساختمان مارپیچی می‌شوند که در آن مولکول‌های آنتوسیانین به صورت انباشته شده روی یکدیگر می‌باشند. در چنین حالتی قسمت ایجاد کننده رنگ در آنتوسیانین در پشت قسمت قندی آن قرار می‌گیرد و از این طریق از دسترسی آب و واکنش‌های نابود کننده رنگ در حضور آب مصون و بدون تغییر باقی می‌ماند. را دیگر حفظ رنگ آنتوسیانین‌ها، اتصال و تجمع آنها با مولکول‌های دیگر است. در این مورد احتمالاً باید پیوند هیدروژنی بین آنتوسیانین و مولکول دیگر برقرار گردد. این مولکول‌ها می‌توانند فلاون‌ها، تانن‌ها و پلی پپتیدها باشند. در این حالت، این مولکول‌ها مثل صفحاتی میان مولکول‌های آنتوسیانین قرار می‌گیرند و با کشیدن آنها به طرف یکدیگر، مولکول‌های آنتوسیانین را به صورت انباشته شده روی یکدیگر در می‌آورند (بارزاک، ۲۰۰۷).

مواد و روش‌ها

روش تهیه زرشک سیاه

میوه رسیده گونه زرشک سیاه از شهرستان آشخانه جمع‌آوری خواهد شد. در آزمایشگاه میوه‌های خیلی رسیده و صدمه دیده جدا و سپس نمونه‌های سالم، در بسته‌های پلی‌اتیلنی ذخیره و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در این پژوهش از شکر، ژلاتین گرانولی نوع B ، پکتین تجاری با درجه استری،۵۶-

٪۶۰ گلوکز مایع تهیه شده با روش اسیدی ۴۰ DE، استفاده خواهد شد. سایر مواد شیمیایی نیز با درجه تجزیه‌ای از شرکت مرک خریداری خواهند شد.

آماده‌سازی پاستیل میوه‌ای

میوه‌های زرشک به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد رفع انجماد شده سپس توسط دستگاه پرس دستی، عصاره‌گیری و با استفاده از صافی پارچه‌ای صاف خواهند شد. پاستیل‌ها طبق روشDemars Zeigler (۲۰۰۱) تهیه می‌شوند. ابتدا ژلاتین (بین ۵-۲ گرم متغییر خواهد بود) و پکتین (درصد پکتین بین ۰-۲ درصد وزنی/ وزنی متغیر خواهد بود) به‌صورت خشک با هم مخلوط شده و سپس مخلوط حاصل در آب مقطر حل می‌گردد. مخلوط حاصل بهمنظور شفاف شدن و خارج کردن حباب‌های هوا در حمام آب گرم قرار داده خواهند شد (۷۰ درجه سانتیگراد). محلول قندی از مخلوط کردن ۳۰ گرم شکر، ۲۵ گرم گلوکز مایع (بریکس ۸۰) و ۱۰ گرم آب به‌دست آمد. این محلول را روی همزن مغناطیسی در دمای ۱۱۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه حرارت داده تا به بریکس ۸۰ برسد. محلول قندی پس از سرد شدن در دمای زیر ۱۰۰ درجه سانتی گراد به محلول ژلاتینی اضافه شده و عمل اختلاط برای دست آمدن محلول یکدست ادامه پیدا خواهد کرد. پس از اختلاط کامل محلول، عصاره زرشک به میزان ۱۰ درصد وزنی/ وزنی در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به محلول اضافه و به آرامی مخلوط خواهد شد. در مرحله آخر مخلوط در قالب‌های پلاستیکی ریخته شده و به‌منظور بستن ژل، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار داده خواهد شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد با استفاده از هوای سرد تا فعالیت آب ۰/۶ خشک می‌شوند. با توجه به اینکه پس از افزودن عصاره زرشک pH محلول کاهش پیدا کرد خواهد کرد نیازی به افزودن اسید سیتریک نخواهد بود.

تیمارهای پژوهش

جدول۳-۱: تیمارهای مورد پژوهش

فرمول	F0	F1	F2	F3
درصد پکتین	0	۱	۱.۵	۲
درصد ژلاتین	۵	۴	۳	۲

جدول ۳-۲: مواد مورد استفاده در پژوهش

ردیف	مواد	شرکت سازنده	کشور
۱	سدیم استات	مرک	**آلمان**
۲	کلرید ریک اسید	مرک	**آلمان**
۳	پتاسیم کلرید	مرک	**آلمان**
۴	ژلاتین	مرک	**آلمان**
۵	پکتین	آدونیس دارو	**ایران**
۶	شکر	کشت و صنعت کارون	**ایران**
۷	گلوکز مایع	فرآوری فرکتوز ناب	**ایران**
۸	استیک اسید	وی ام آر- پرو لب	**ایتالیا**
۹	اتانول	وی ام آر- پرو لب	**ایتالیا**
۱۰	پلی‌اتیلن گلیکول	مرک	**آلمان**

جدول۳-۳: تجهیزات و دستگاه‌های مورداستفاده در این پژوهش

ردیف	دستگاه	شرکت سازنده	کشور
۱	اسپکتروفتومتر	پی‌جی اینسترومنت آل تی دی	**آمریکا**
۲	شیکر	لاب‌ترون	**ایران**
۳	سونیکاتور	الماسونیک	**آلمان**
۴	کروماتوگراف	آژیلنت	**آمریکا**
۵	ترازوی	سارتوریوس	**آلمان**
۶	سمپلر	ترانسفورپیت	**آلمان**
۷	همزن مغناطیسی	فالز	**ایتالیا**
۸	سنج pH	بل	**ایتالیا**
۹	ترمومتر	بیوور	**آلمان**
۱۰	مخلوط کن	دلمونتی	**ابتالیا**

آزمون‌های فزیکی و شیمیایی پژوهش

اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها در نمونه‌های پاستیل

جهت استخراج آنتوسیانین‌ها از نمونه‌های پاستیل از روش Kalt و همکاران (۱۹۹۹) با اندکی اصلاحات استفاده خواهد شد. ۵ گرم پاستیل خرد شده با ۲۵ میلیلیتر اتانول (٪۹۵) اسیدی شده با اسید کلریدریک (٪۳۷) به نسبت ۰/۱ درصد حجمی/ حجمی مخلوط و تا دمای ۴۰ درجه سانتیگراد جهت رسوب ژلاتین حرات داده خواهد شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۶ ساعت در محیط تاریک قرار خواهد گرفت و سپس توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۳ صاف می‌شود. عصاره حاصل جهت به‌دست آمدن طول موج ماکزیمم با بافر کلرید پتاسیم (۱ =ph)رقیق و طیف جذبی آن در دامنه ۳۰۰-۷۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV- 160 A، Shimadzu) ترسیم می‌گردد. میزان آنتوسیانین‌های کل نمونه‌ها بر اساس روش pH افتراقی توصیف شده توسط Lee (۲۰۰۵) بدین صورت محاسبه می‌شوند که ابتدا عصاره‌های حاصل از استخراج با بافرهای کلرید پتاسیم (۱ =pH)و استات سدیم (pH = ۴/۵) رقیق و جذب آنها در طول موج ماکز یمم و طول موج ۷۰۰ نانومتر قرائت می‌شود، سپس از رابطه زیر میزان آنتوسیانین‌ها بر اساس سیانیدین ۳-گلیکوزید تعیین می‌گردد.

میزان آنتوسیانین کل= A×Mw×DF×1000/ Є×L (1)

DF: فاکتور رقت

A: اختلاف بین دو جذب

A = (A510 - A700)pH1.0 - (A510 - A700)pH4.5

Mw: جرم مولکولی سیانیدین ۳ - گلیکوزید (۲/۴۴۹ گرم/ مول)

Є: جذب مولی (۲۶۹۰۰ لیتر/ مول/ سانتیمتر)

L:طول سل بر حسب سانتیمتر (۱ سانتیمتر)

اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها

آنالیز رنگ نمونه‌ها مطابق با روش خلیلیان و همکاران (1389) انجام خواهد شد. از هر فرمولاسیون سه قطعه به تصادف انتخاب می‌شود و تصاویر با دوربین D100Eqs Canon)، تایوان (و با زاویه ۹۰ درجه (عمودی) و فرمت JPG ذخیره می‌گردید. در مرحله بعد برای به دست آوردن سطوح یکسان از هر نمونه با استفاده از نرم افزا ر ImageJتصاویر در اندازه ۲۵۰×۲۵۰ پیکسل جدا گردید و با فرمت BMP در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. پارامترهای رنگی در فضای L* b *a* با استفاده از نرمافزار g1.40 ImageJ به‌وسیلهPlugin با عنوان و h° ، C* فاکتورهای. شد استخراج Color-Space-Convertor *ΔE از روابط زیر به دست آمد:

(1) $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

(2) $h° = \arctan(b^*/a^*)$

(3) $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$

ارزیابی حسی

نمونه‌های پاستیل میوه‌ای توسط ۲۰ ارزیاب حسی (۱۰زن و ۱۰مرد) آموزش ندیده و با استفاده از مقیاس هدونیک توصیفی ۵ نقطه‌ای (خیلی کم، کم، نه کم نه زیاد، زیاد، بسیار زیاد) ارزیابی شد. نمونه‌های مورد ارزیابی در ظروف جداگانه قرار گرفت و بر روی آن‌ها کد مربوطه درج گردید. ویژگی‌های اصلی فراورده شامل ویژگی‌های ظاهری (رنگ و شکل)، بافتی (سختی، پیوستگی، چسبندگی، آدامسی بودن) مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه‌وتحلیل آماری

به‌منظور آنالیز داده‌ها و بررسی اطلاعات حاصل از آزمایش‌های مختلف، از طرح کاملاً تصادفی استفاده خواهد شد. جهت تعیین اختلاف بین میانگین داده‌ها پس از آنالیز واریانس‌ها با روشANOVA ، از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد استفاده خواهد شد. در تمامی مراحل تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده خواهد شد. برای رسم گراف‌ها و نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده می‌شود. تمامی آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام خواهند.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی زرشک سیاه

جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی زرشک سیاه نشان داده شده است. اسیدیته و pH به ترتیب ۵/۵۹ گرم مالیک اسید / ۱۰۰ گرم و ۲/۱۵ به دست آمد. فرهادی و همکاران (۱۳۹۱) اسیدیته و pH زرشک بیدانه که به طور صنعتی در کشور کشت می‌شود را ۵/۳ گرم اسید مالیک و ۲/۷ به دست آوردند. بنابراین زرشک سیاه در مقایسه با زرشک بیدانه دارای اسیدیته بالاتر و pH پایین‌تری است. جدول ۱ نشان می‌دهد که زرشک سیاه حاوی مقادیر بالایی آنتوسیانین است.

اوزگن و همکاران (۲۰۱۲) میزان آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی ۶ نوع زرشک وحشی کشور ترکیه را ۵۰۶/۷- ۸۰۳/۶ میلی گرم / لیتر به دست آوردند.

سود و همکاران (۲۰۱۰) میزان آنتوسیانین‌های زرشک و حشی کشور هند را ۴/۸۵۰ میلی گرم / لیتر به دست آوردند.

بنابراین این نتایج نشان می‌دهد که زرشک سیاه یکی از منابع غنی از آنتوسیانین بوده که ضمن دارا بودن خواص سلامت بخش قابلیت کاربرد به‌عنوان رنگ طبیعی را نیز می‌باشند.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی عصاره زرشک سیاه

خصوصیات	مقدار
Ph	۲.۱۵
اسیدیته (گرم مالیک/۱۰۰ گرم)	۵.۵۹
ماده جامد محلول	۱۸.۳
آنتوسیانین (میلی گرم/ لیتر)	۱۵۵۳.۲

مایر[1] و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که آنتوسیانین‌های عصاره انگور در سیستم ژله پکتین در مقایسه با ژلاتین طی ۱۸هفته نگهداری بهتر حفظ شدند که مطابق با یافته‌های حاصل در این پژوهش است.

هلستروما[2] و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که پایداری آنتوسیانین‌ها طی نگهداری تحت تأثیر نوع آنتوسیانین و دمای نگهداری می‌باشد؛ بنابراین نگهداری پاستیل‌های حاوی عصاره زرشک در دمای پایین می‌تواند به بهبود پایداری آنها کمک کند.

[1] Maier
[2] Hellstroma

فعالیت آب و ماده خشک

مقادیر فعالیت آبی و ماده خشک نمونه‌های مختلف پاستیل در جدول شماره ۲، آورده شده است .با تعیین مقادیر فعالیت آبی و ماده خشک نمونه‌ها میتوان کیفیت حسی و زمان مناسب نگهداری آنها را ارزیابی کرد. بر اساس جدول ۲، کمترین میزان ماده خشک یا بیشترین میزان درصد رطوبت مربوط به نمونه شماره ۶ یعنی نمونه حاوی ۲ %پکتین و ۲/۵درصد ژلاتین است .مطابق آنچه در مورد بافت نمونه‌ها در صفحات آتی آمده است کمترین میزان سختی بافت در نمونه شماره ۶ تعیین شد. هیدروکلوئیدها، با جذب و درگیرکردن آب در نمونه و ممانعت از خروج آن از ماده، مانع سفتی بافت میشوند .این موضوع بر ویژگی های رنگی و شفافیت نمونه اثر مثبت دارد. رضایی (۱۳۹۱) ، در بررسی اثر متغیرهای ژلاتین و نشاسته بر رطوبت پاستیل آلو گزارش کرد که ژلاتین توانایی خوبی در حفظ آب دارد و این مسئله منجر به افزایش میزان رطوبت در نمونه‌ها می شود .مقادیر فعالیت آبی فرمولهای مختلف پاستیل زرشک سیاه در جدول ۲ آورده شده است .بسیاری از ویژگیهای فیزیکی ماده غذایی در ارتباط با فعالیت آب می باشد .در رطوبت های پایین برهمکنش بین مولکولهای آب و ترکیبات غذایی تشدید میشود .همچنین فعالیت آبی ماده در ایجاد طعم و بافت مواد غذایی نقش مهمی دارد.پیتر(۲۰۰۴)، به ویژه در مورد ترکیبات فرار طعم زا این نقش بر جسته تر میشود زیرا ترکیبات معطره در فاز گازی که در حقیقت رابطه نزدیکی با فعالیت آب دارند، منتشر شده و در محدوده خاصی بنا بر نوع و ویژگیهای فراورده اثر افزاینده یا تشدید کننده بر ایجاد طعم و عطر دارد .فاز گازی خود تابعی از میزان فعالیت آب است .به عبارت دیگر هرچه فعالیت آب کمتر باشد، فاز گازی کمتری وجود خواهد داشت(هانسن، ۲۰۰۸).

جدول۲، میانگین مقادیر فعالیت آبی و ماده خشک نمونه‌های پاستیل

ردیف	ژلاتین	پکتین	ماده خشک	فعالیت آبی
۱	۰	۰	۰/۷۳۶	۰/۶۰۲±۰/۰۰۱
۲	۰	۱	۰/۷۵۷	۰/۶۰۲±۰/۰۰۴
۳	۰	۲	۰/۷۴۵	۰/۶۱۱±۰/۰۰۵
۴	۲/۵	۰	۰/۷۲۱	۰/۶۲۰±۰/۰۰۱
۵	۲/۵	۱	۰/۷۰۶	۰/۶۶۲±۰/۰۰۱
۶	۲/۵	۲	۰/۷۱۹	۰/۶۲۴±۰/۰۰۳
۷	۵	۰	۰/۷۲۸	۰/۶۲۳±۰/۰۰۲
۸	۵	۱	۰/۷۳۷	۰/۶۱۹±۰/۰۰۱
۹	۵	۲	۰/۷۴۰	۰/۶۱۸±۰/۰۰۱

سختی

سختی، مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری به کارگرفته شده است که حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار است که حداکثر نیروی اعمال شده طی گاز زدن را نشان می‌دهد. این شاخص به صفات نرمی یا سفتی(سختی) ماده غذایی مربوط است(قنبرزاده، ۱۳۹۲).

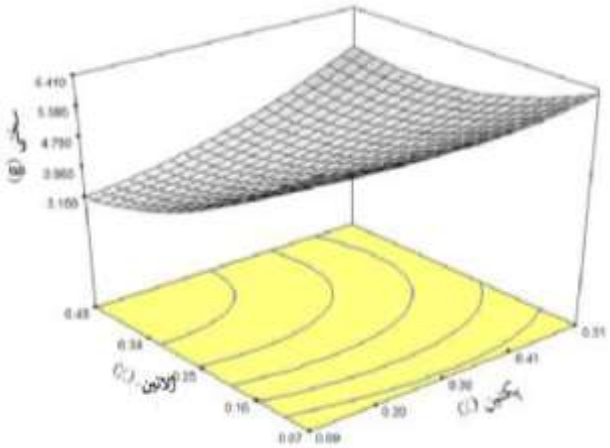
در نمودار شماره ۳، روند تغییرات امتیاز سفتی نمونه‌های پاستیل در سطوح مختلف پکتین و ژلاتین مشاهده می‌گردد. همانطور که در نمودار شماره ۳ مشاهده می‌شود زمانی که مقدار پکتین افزایش می‌یابد امتیاز به سفتی بافت افزایش می‌یابد. اثر پکتین بر ویژگی‌های بافتی به وسیله ساختار شبکه ژلی و برهمکنش شیمیایی مختلف بین اجزای فرمولاسیون و هیدروکلوئیدها قابل توضیح است. از ویژگی-های ژل پکتینی ایجاد ساختار شبکه‌ای پیوسته و متراکم می‌باشد که باعث می‌شود اجزای فرمولاسیون به صورت ساختاری و منسجم در کنار یکدیگر قرار گیرند.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ژلاتین بر سختی بافت به صورت خطی($p<۰/۰۰۱$)، درجه دوم($p<۰/۰۱$) و پکتین به صورت خطی و درجه دوم ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. اثر متقابل آنها نیز بر سختی بافت معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). نتایج نشان داد که اثر خطی ژلاتین منفی و اثر خطی پکتین بر سختی بافت مثبت می‌باشد .اثر پکتین و ژلاتین بر سختی بافت در شکل۱ ، نشان داده شده است .با کاهش میزان ژلاتین، سختی بافت، افزایش یافت در صورتی که در مورد پکتین عکس این روند مشاهده گردید، با افزایش میزان پکتین، سختی بافت، افزایش یافته است .اثر پکتین و ژلاتین بر ویژگیهای بافتی به وسیله ساختار شبکه ژلی و برهم کنش‌های شیمیایی مختلف بین

اجزای فرمولاسیون و هیدروکلوئیدها قابل توضیح میباشد .از ویژگی‌های ژله‌ای پکتینی ایجاد ساختار شبکه‌ای پیوسته و متراکم است که باعث میشود اجزاء فرمولاسیون به صورت ساختاری فشرده کنار یکدیگر قرارگیرد، در صورتی که ژلاتین به دلیل ماهیت هیدروژلی و ساختار شبکه‌ای سست، عکس رفتار پکتین عمل می‌کند.

جدول۳، مقادیر سختی نمونه‌های پاستیل حاوی ژلاتین و پکتین

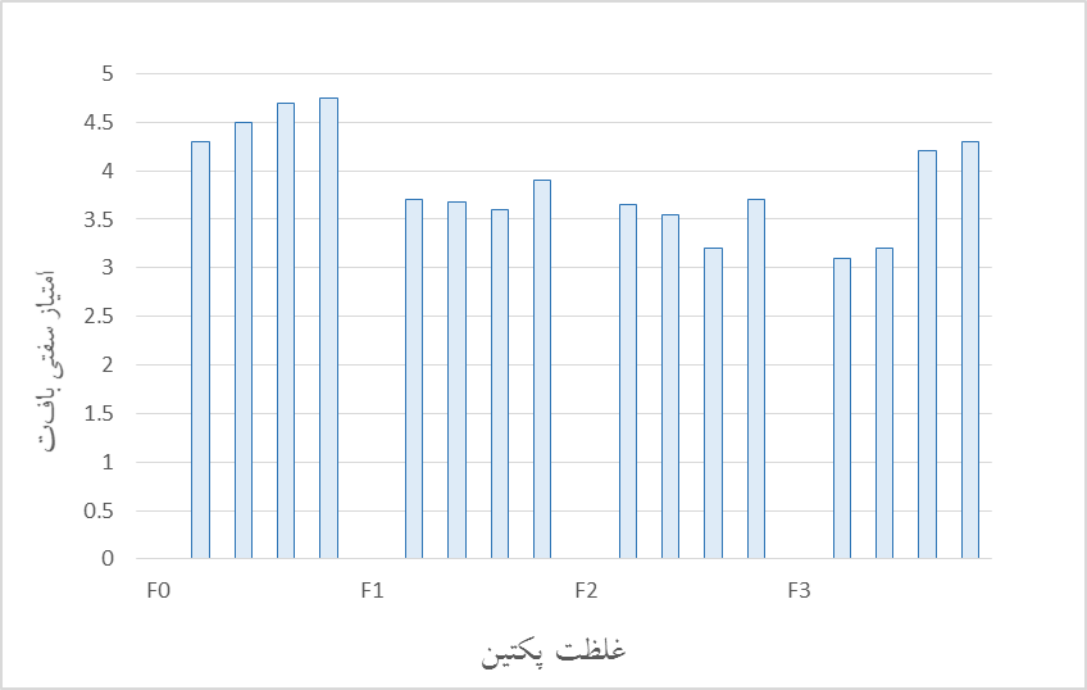
ردیف	ژلاتین	پکتین	سختی
۱	۰	۰	۳
۲	۰	۱	۴/۶
۳	۰	۲	۴/۸
۴	۲/۵	۰	۳/۲
۵	۲/۵	۱	۵/۹
۶	۲/۵	۲	۶/۴
۷	۵	۰	۳/۳
۸	۵	۱	۳/۷
۹	۵	۲	۴



شکل۱:اثر پکتین و ژلاتین بر سختی بافت پاستیل

Model	۳۷.۲۲	۲	۱۸/۶۱	۱۹/۳۳	۰/۰۰۰۲ قابل توجه

پکتین	۳۶/۹۴	۱	۳۶/۹۴	۳۸/۳۸	< ۰/۰۰۰۱	
ژلاتین	۰/۲۷۲۶	۱	۰/۲۷۲۶	۰/۲۸۳۱	۰/۶۰۴۴	
باقیماتده	۱۱/۵۵	۱۲	۰/۹۶۲۷			
عدم برازش	۱/۰۰	۶	۰/۱۶۶۸	۰/۰۹۴۹	۰/۹۹۴۳	غیرقابل توجه
خطای خالص	۱۰/۵۵	۶	۱/۷۶			
مجموع کل	۴۸/۷۷	۱۴				



نمودار۱:اثر پکتین بر سختی بافت پاستیل

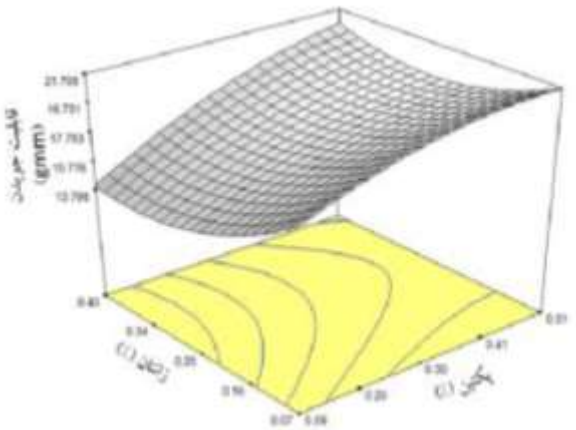
قابلیت جویدن

پکتین و ژلاتین نیز اثر متقابل و معنیداری بر قابلیت جویدن بافت اثر پکتین و ژلاتین بر نمونه‌های پاستیل داشت(P<۰/۰۵). قابلیت جویدن بافت در شکل ۲، نشان داده شده است .با افزیش میزان پکتین، قابلیت جویدن بافت افزایش نشان داد .در حالیکه عکس این روند در مورد اثر ژلاتین بر قابلیت جویدن بافت نمونه‌های پاستیل مشاهده گردید .از آنجا که پارامترهای بافتی پاستیل نه تنها تحت تاثیر ماهیت اجزاء و بر همکنش موجود در فرمولاسیون میباشد بلکه سایر ویژگیهای دیگر به ویژه میزان رطوبت نمونه‌ها، میتواند بر این پارامترها تاثیرگذار باشد .با بررسی تغییرات رطوبت در نمونه‌ها مشخص گردید که با افزایش سطح پکتین، رطوبت نمونه‌ها، کاهش یافته

و با افزایش میزان ژلاتین، رطوبت نمونه‌ها افزایش نشان داده است، میتوان گفت اثر پکتین و ژلاتین علاوه بر اثر روی برهمکنش مولکولی اجزای فرمولاسیون، میتواند به علت تحت تاثیر قرار دادن میزان رطوبت نمونه‌ها نیز باشد.

جدول۴، مقادیر قابلیت جویدن نمونه‌های پاستیل

ردیف	ژلاتین	پکتین	قابلیت جویدن
۱	۰	۰	۴/۱۶[a]
۲	۰	۱	۳/۸۳[a]
۳	۰	۲	۳/۶۶[a]
۴	۲/۵	۰	۴[a]
۵	۲/۵	۱	۴/۱۶[a]
۶	۲/۵	۲	۳/۸۳[a]
۷	۵	۰	۳/۸۳[a]
۸	۵	۱	۳/۶۶[a]
۹	۵	۲	۳/۸۳[a]



شکل۲:اثر پکتین و ژلاتین بر قابلیت جویدن پاستیل

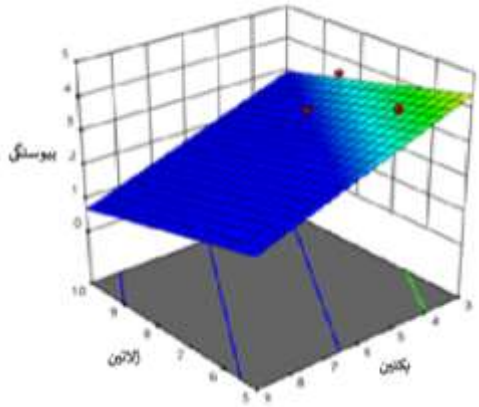
Model	۳۷.۲۲	۲	۱۸/۶۱	۱۹/۳۳	۰/۰۰۰۲	قابل توجه
پکتین	۳۶/۹۴	۱	۳۶/۹۴	۳۸/۳۸	< ۰/۰۰۰۱	
ژلاتین	۰/۲۷۲۶	۱	۰/۲۷۲۶	۰/۲۸۳۱	۰/۷۰۱۲	
باقیماتده	۱۱/۵۵	۱۲	۰/۹۶۲۷			
عدم برازش	۱/۰۰	۶	۰/۱۶۶۸	۰/۰۹۴۹	۰/۹۹۴۳	غیرقابل توجه
خطای خالص	۱۰/۵۵	۶	۱/۷۶			
مجموع کل	۴۸/۷۷	۱۴				

پیوستگی

نتایج جدول ۵، نشان داد که بیشترین پیوستگی مربوط به نمونه شماره ۹ است و بین نمونه ۹ و ۳ اختلاف معنیداری وجود ندارد .این نمونه‌ها با فرمول‌های ۵، ۶و ۸ اختلاف معنیدار نداشتند .کمترین ، پیوستگی، مربوط به نمونه شماره ۷ بود. در صورت ثابت ماندن مقدار ژلاتین در فرمول‌ها، با افزایش میزان پکتین ، پیوستگی افزایش یافت .همچنین با ثابت ماندن مقدار پکتین در فرمولها، با افزایش ژلاتین تغییر معنیداری در پیوستگی بافت فرمولها حاصل نشد.

جدول۵، مقادیر قابلیت جویدن نمونه‌های پاستیل

ردیف	ژلاتین	پکتین	پیوستگی
۱	۰	۰	۰/۳۰۸
۲	۰	۱	۰/۳۰۳
۳	۰	۲	۰/۳۸۳
۴	۲/۵	۰	۰/۳۰۳
۵	۲/۵	۱	۰/۳۴۹
۶	۲/۵	۲	۰/۳۷۱
۷	۵	۰	۰/۲۹۳
۸	۵	۱	۰/۳۲۵
۹	۵	۲	۰/۴۲۷



شکل۳:اثر پکتین و ژلاتین بر پیوستگی پاستیل

Model	**۳۷.۲۲**	**۲**	**۱۸/۶۱**	**۱۹/۳۳**	**۰/۰۰۰۲**	**قابل توجه**
پکتین	۳۶/۹۴	۱	۳۶/۹۴	۳۸/۳۸	< ۰/۰۰۰۱	
ژلاتین	۰/۲۷۲۶	۱	۰/۲۷۲۶	۰/۲۸۳۱	۰/۵۱۴۲	
باقیماتده	۱۱/۵۵	۱۲	۰/۹۶۲۷			
عدم برازش	۱/۰۰	۶	۰/۱۶۶۸	۰/۰۹۴۹	۰/۹۹۴۳	**غیرقابل توجه**
خطای خالص	۱۰/۵۵	۶	۱/۷۶			
مجموع کل	۴۸/۷۷	۱۴				

چسبندگی

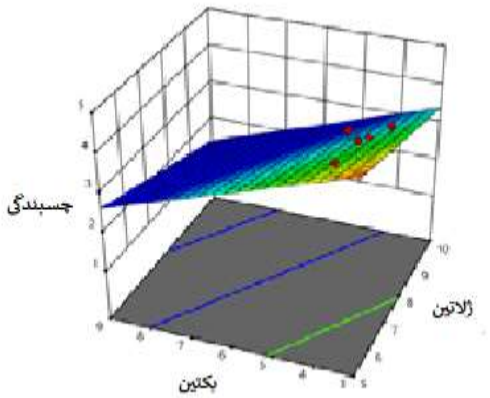
چسبندگی نشان دهنده کار لازم برای جداکردن صفحه فشار دهنده دستگاه بافتسنج از ماده غذایی است. چسبندگی به صفات حسی چسبی و لعابی بودن ماده غذایی مربوط است (قنبرزاده، ۱۳۹۲). بیشترین چسبندگی مربوط به نمونه شماره ۱، با حداقل میزان ژلاتین و پکتین در نمونه‌ها بود .کمترین چسبندگی مربوط به نمونه ۶ بود. این فرمول با نمونه‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸ و ۹ اختلاف معنی داری نداشت. نتایج حاکی از آن بود که در غلظت‌های ثابت ژلاتین، افزایش پکتین در فرمولاسیون، باعث کاهش چسبندگی و همچنین در غلظتهای ثابت پکتین، افزایش ژلاتین، منجر به تغییرمعنی داری در چسبندگی نمونه‌ها نشد(P>۰/۰۵). بابار و جین(۲۰۱۱)، در طی یک پژوهش، در بخشی از کار خود به رئولوژی آگار

با چند هیدروکلوئید دیگر از جمله پکتین پرداختند. نتایج آنها نشان داد در ژل مخلوط آگار و پکتین، با افزایش درصد پکتین، در حالتی که غلظت کل صمغ ثابت باقی بماند، میزان چسبندگی ژل کاهش یافت اما سفتی، استحکام و مقاومت ژل روند افزایشی داشتند. نتایج این تحقیق ، مطابقت با پژوهش حاضر دارد.

نمودار شماره (۴) روند تغییرات امتیاز چسبندگی سطحی نمونه‌های پاستیل را در سطوح مختلف پکتین و ژلاتین نشان می‌دهد. در غیاب پکتین چسبندگی سطح نمونه‌ها کمترین میزان ممکن بوده است و به موازات افزایش غلظت پکتین، نیز میزان آن به صورت تدریجی کاهش یافته است. نتایج حاصل ارزیابی بافت پاستیل میوه‌ای حاکی از این است که پکتین و ژلاتین و تأثیر متقابل آنها بر چسبندگی بافت پاستیل تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج مشابهی توسط خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) در اثر استفاده از غلظت‌های مختلف پکیتن و گزانتان بر روی چسبندگی بافت نمونه‌های پاستیل طالبی گزارش شده است.

جدول۶، مقادیر چسبندگی نمونه‌های پاستیل

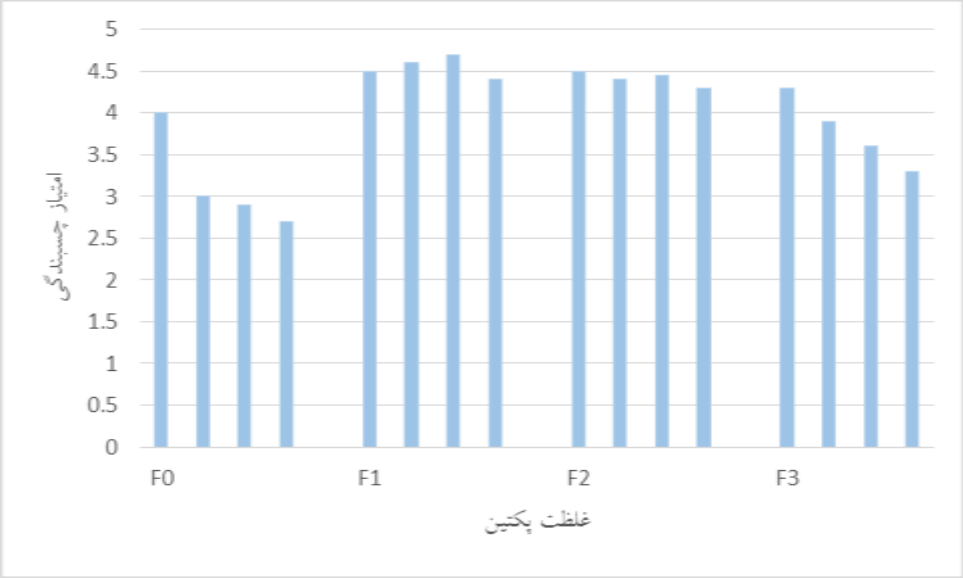
ردیف	ژلاتین	پکتین	چسبندگی
۱	۰	۰	-۰/۰۰
۲	۰	۱	-۰/۰۰
۳	۰	۲	-۰/۰۱
۴	۲/۵	۰	-۰/۰۱
۵	۲/۵	۱	-۰/۰۰
۶	۲/۵	۲	-۰/۰۱
۷	۵	۰	-۰/۰۰
۸	۵	۱	-۰/۰۱
۹	۵	۲	-۰/۰۱



شکل۴:اثر پکتین و ژلاتین بر پیوستگی پاستیل

Model	۳۷.۲۲	۲	۱۸/۶۱	۱۹/۳۳	۰/۰۰۰۲	قابل توجه
پکتین	۳۶/۹۴	۱	۳۶/۹۴	۳۸/۳۸	< ۰/۰۰۰۱	

ژلاتین	۰/۲۷۲۶	۱	۰/۲۷۲۶	۰/۲۸۳۱	۰/۳۱۲۴	
باقیمانده	۱۱/۵۵	۱۲	۰/۹۶۲۷			
عدم برازش	۱/۰۰	۶	۰/۱۶۶۸	۰/۰۹۴۹	۰/۹۹۴۳	غیرقابل توجه
خطای خالص	۱۰/۵۵	۶	۱/۷۶			
مجموع کل	۴۸/۷۷	۱۴				



نمودار شماره -۲: تغییرات امتیاز چسبندگی نمونه‌های پاستیل در سطوح مختلف پکتین و ژلاتین

میزان آنتوسیانین و پارامترهای رنگی پاستیل‌ها

"جدول ۲ نشان می‌دهد که افزایش درصد پکتین در فرمولاسیون پاستیل‌ها منجر به افزایش میزان کل آنتوسیانین‌ها و بهبود پارامترهای رنگی شده است. این یافته حاکی از آن است که پکتین با افزایش پایداری آنتوسیانین‌ها در طول فرآیند تولید و خشک کردن، نقش محافظتی ایفا می‌کند.

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که ایجاد پیوندهای هیدروفوبیک بین پکتین و آنتوسیانین‌ها، به پایداری بیشتر رنگ کمک می‌کند. این پدیده به‌عنوان کوپیگمنتاسیون شناخته می‌شود و طی آن، آنتوسیانین‌ها با سایر ترکیبات آلی بی‌رنگ تشکیل کمپلکس می‌دهند. این کمپلکس‌ها از آنتوسیانین‌ها در برابر عوامل تخریب‌کننده‌ای مانند آب، پراکسید و دی‌اکسید گوگرد محافظت می‌کنند (بولتون، ۲۰۰۱).

اختلاف آماری معناداری ($P \leq ۰/۰۵$) بین پارامترهای رنگی (L^*, a^*, b^*, c^* و h^0) در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی پکتین مشاهده شد. مقادیر مثبت در پارامترهای a^* نشان دهنده قرمزی و مقادیر منفی پارامتر b^* آبی بودن نمونه است. زاویه h^0 بر حسب صفر تا ۳۶۰ درجه بیان می‌شود که در آن زاویه صفر درجه = آبی – قرمز، زاویه ۹۰ درجه = زردی، زاویه ۱۸۰ درجه = سبز و ۲۷۰ درجه = آبی، آبی، پارامتر کروما (c^*) نیز بیانگر شدت رنگ است (رولستاد و همکاران، ۲۰۰۵). طبق جدول ۲ بیشترین مقدار برای پارامترهای رنگی L^*, a^*, c^* و h^0، برای نمونه‌های حاوی ۲ درصد پکتین و کمترین مقدار برای نمونه فاقد پکتین به دست آمد. آنالیز پارامترهای رنگی (L^*, a^*, b^*, c و ^oh) نشان داد که نمونه‌های حاوی پکتین، رنگ قرمز و شدت رنگ بیشتری نسبت به نمونه شاهد دارند. حداکثر مقادیر این پارامترها در نمونه حاوی ۲ درصد پکتین مشاهده شد. این نتایج با مطالعات قبلی مطابقت دارد که افزایش رنگ در محصولات حاوی پکتین را گزارش کرده‌اند.

عوامل دیگری مانند نوع قند و اسید نیز می‌توانند بر پایداری رنگ آنتوسیانین‌ها تأثیر بگذارند. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از فروکتوز در ترکیب با پروتئین‌هایی مانند ژلاتین، می‌تواند منجر به کاهش پایداری رنگ شود. این کاهش به دلیل تشکیل ترکیبات تخریب‌کننده‌ای مانند هیدروکسی متیل فورفورال است."

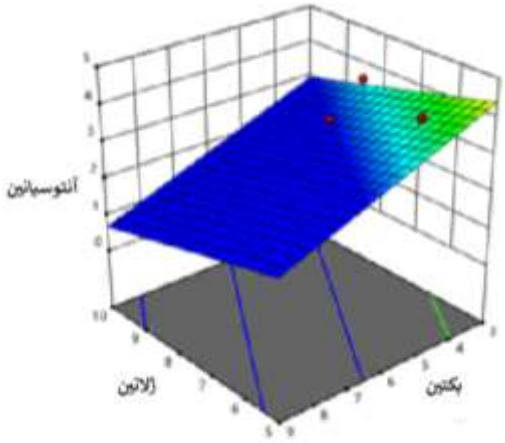
مایر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که ژله تهیه شده از پکتین در مقایسه با ژله حاصل از ژلاتین مقدار h^* بالاتری دارد.

هامبرمن و همکاران (۲۰۰۶) اثر ترکیبی هیدروکلویید، قند و اسید را برای پایداری رنگ کنسانتره کارنت سیاه در سیستم ژلی بررسی کردند. سیستم حاوی ژلاتین و فروکتوز پایداری رنگ پایینی را نشان دادند. این محققان گزارش کردند که میزان هیدروکسیل متیل فورفورال در نمونه‌های حاوی ژلاتین طی آماده‌سازی و نگهداری به طور معناداری در مقایسه با سایر نمونه‌ها افزایش پیدا کرده و اثر این ماده باعث کاهش رنگ در نمونه‌ها شده است. علت افزایش مقدار هیدروکسی متیل فورفورال در نمونه‌ها به حساسیت فروکتوز به تخریب در حضور پروتئین نسبت داده شد.

جدول ۷- اثر پکتین و ژلاتین بر آنتوسیانین کل و پارامترهای رنگی پاستیل‌ها

ردیف	ژلاتین	پکتین	آنتوسیانین
۱	۰	۰	۴۸/۲۶±۰/۲۱۶
۲	۰	۱	۵۰/۵۲±۰/۱۴۵
۳	۰	۲	۶۷/۴۳±۰/۲۷۷
۴	۲/۵	۰	۴۶/۵۱±۰/۲۱۷
۵	۲/۵	۱	۵۳/۲۵±۲/۳۳۱
۶	۲/۵	۲	۶۸/۵۱±۰/۲۸۱
۷	۵	۰	۴۵/۶۲±۰/۲۸۳
۸	۵	۱	۵۳/۶۶±۲/۴۷۰
۹	۵	۲	۶۷/۷۲±۰/۲۹۰

درصد پکتین	آنتوسیانین (میلی گرم / گرم)	L*	a*	b*	C*	h°
0	48.26±0.216^{c}	1.32±0.099^{c}	6.36±0.112^{c}	-6.38±0.07^{c}	9.15±0.096^{d}	312.3±2.115^{b}
1	50.52±0.145^{c}	4.27±0.128^{b}	8.39±0.051^{b}	-4.12±0.101^{a}	9.52±0.151^{c}	375.48±2.751^{a}
2	67.43±0.277^{a}	5.36±0.99^{a}	11.41±0.127^{a}	-5/82±0.094^{b}	12.87±0.240^{a}	377.89±2.600^{a}



شکل۵ :اثر پکتین و ژلاتین بر آنتوسیانین پاستیل

سنتیک تخریب آنتوسیانین‌ها طی نگهداری

نتایج مطالعات پیشین نشان داده که تخریب انتوسیانین‌ها طی نگهداری از معادله سینتیکی درجه اول پیروی می‌کند (وانگ و ژو[3]، ۲۰۰۷). این معادله از طریق رابطه زیر بیان می‌شود:

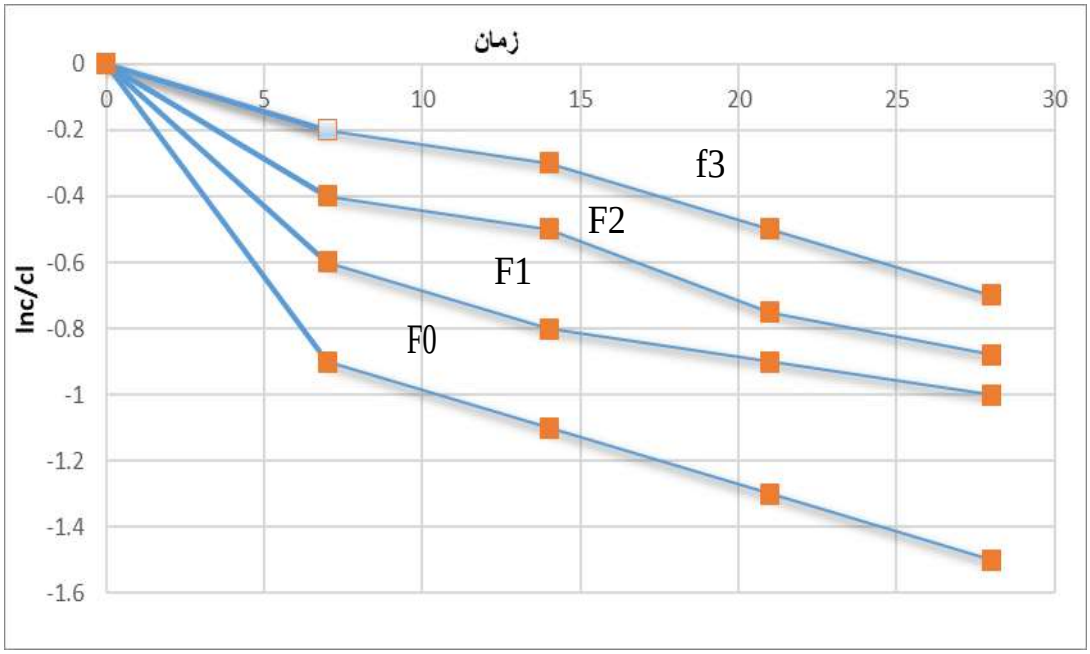
$$Ct= C0 \exp(-kt)$$

در این معادله c_0 و c_1 میزان آنتوسیانین‌ها در زمان اولیه و بعد از نگهداری به مدت t روز و k_1 ثابت سرعت واکنش درجه اول است. نیمه عمر زمانی که لازم است تا انتوسیانین‌ها به ۵۰ درصد مقدار اولیه برسند، بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$t_{1/2}=-\ln 0.5/k$$

ضریب تبیین بالا به دست آمده از برازش معادله درجه اول و رابطه خطی به دست آمده در نمودار شماره ۱ بیانگر این است که تخریب آنتوسیانین‌ها طی نگهداری در همه نمونه‌ها از معادله درجه اول پیروی می‌کند. پارامترهای سینتیکی برازش شده از معادله فوق در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. مطابق با جدول ۳ با افزایش درصد پکتین در نمونه‌ها ثابت سرعت واکنش (k1) کاهش و زمان نیمه عمر ($t_{1/2}$) افزایش پیدا کرده است. اختلاف آماری معناداری در سطح بین ثابت سرعت‌واکنش و زمان نیمه عمر فرمولاسیون‌های مختلف مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که پایداری آنتوسیانین‌های عصاره زرشک سیاه در سیستم مدل پاستیل میوه‌ای طی نگهداری با افزایش درصد پکتین به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده‌است.

[3] Wang and Xu



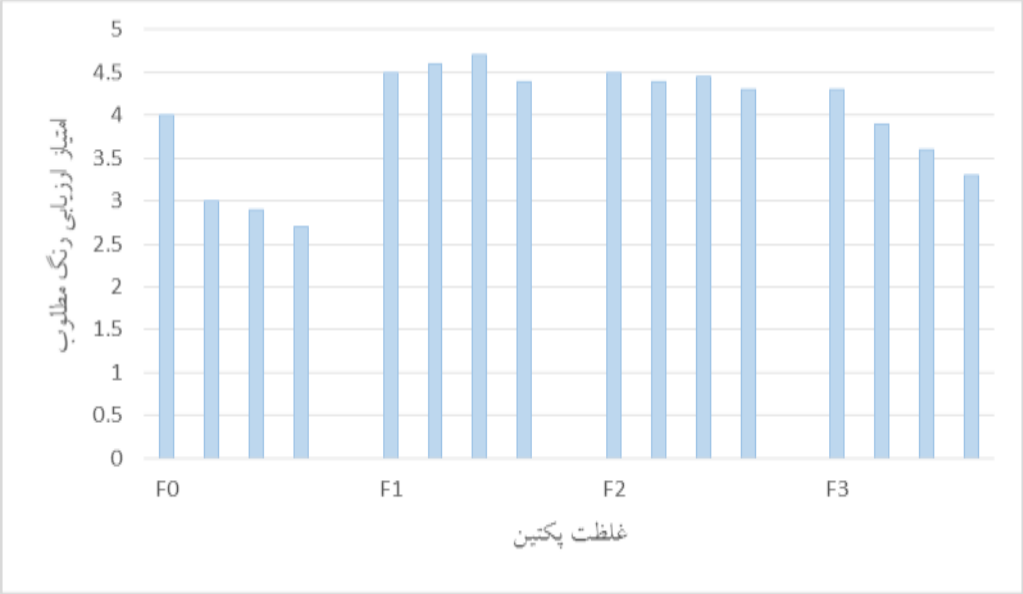
نمودار شماره -۱: سنتیک تخریب آنتوسیانین طی نگهداری در نمونه‌های پاستیل

جدول شماره – ۸: پارامترهای سنیتیکی تخریب آنتوسیانین‌ها طی نگهداری

غلظت پکتین	$k^{۲}$(دقیقه/۱) ($x10^{۲}$)	زمان نیمه عمر	R^2
۰	۵۹/۴۸	۱۰/۴۳	۰/۹۷۸
۱	۳۸/۹۳	۱۶/۸۰	۰/۹۷۲
۲	۳۴/۴۴	۱۹/۱۲	۰/۹۲۳

ارزیابی رنگ

در نمودار شماره ۳، روند تغییرات رنگ مطلوب نمونه‌های پاستیل در سطوح مختلف پکتین و ژلاتین مشاهده می‌گردد. در این نمودار نشان داده شده است که با افزایش غلظت پکتین تا سطح ۲ و کاهش میزان ژلاتین تا سطح ۳ امتیاز رنگ افزایش یافته است و بیشتر از این سطح نمونه‌ها با روند کاهش امتیاز رنگ مواجه شده است. خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به‌عنوان اثر غلظت‌های مختلف پکتین و گزانتان بر ویژگی‌های حسی و فعالیت آب پاستیل میوه‌ای بر پایه پوره طالبی نشان دادند که تغییرات رنگ مطلوب نمونه‌های پاستیل میوه‌ای در حضور ۰.۲و ۰.۳ درصد صمغ گزانتان و با افزایش غلظت پکتین تا سطح ۰.۴ درصد، امتیاز رنگ مطلوب کاهش یافت و در مجموع بالاترین امتیاز رنگ مطلوب به نمونه‌های حاوی ۰.۳ درصد گزانتان و ۰.۲ درصد پکتین و ۰.۲ درصد گزانتان . ۰.۵ درصد پکتین تعلق گرفت. این تحقیق نشان داد که با افزایش پکتین تا ۰.۳ درصد امتیاز رنگ افزایش و در ادامه با کاهش امتیاز در این خصیصه مواجه می‌شود.



نمودار شماره -۳: روند تغییرات رنگ مطلوب نمونه‌های پاستیل در سطوح مختلف پکتین و ژلاتین

نتیجه‌گیری

زرشک سیاه یکی از منابع غنی از آنتوسیانین است که می‌تواند به‌عنوان رنگ طبیعی در فرآورده‌های غذایی نظیر پاستیل مورد استفاده قرار گیرد به طور کلی، استفاده از پکتین در فرمولاسیون پاستیل میوه‌ای، به ویژه در غلظت‌های بهینه، می‌تواند به طور قابل توجهی به پایداری رنگ و آنتوسیانین‌های زرشک کمک کند. با این حال، برای دستیابی به بهترین نتایج، باید به عوامل مختلفی مانند نوع پکتین، غلظت ژلاتین، شرایط نگهداری و سایر ترکیبات موجود در محصول توجه شود. افزایش غلظت پکتین معمولاً منجر به پایداری بیشتر رنگ در طول نگهداری می‌شود. پکتین با تشکیل یک ماتریس، از اکسیداسیون و تخریب آنتوسیانین‌ها جلوگیری می‌کند. در اکثر موارد، افزایش غلظت پکتین با افزایش میزان آنتوسیانین حفظ شده در محصول همراه است. این به دلیل توانایی پکتین در ایجاد یک محیط پایدار برای آنتوسیانین‌ها است.

ژلاتین به‌عنوان یک عامل ژل‌کننده، به بهبود بافت پاستیل و حفظ رطوبت کمک می‌کند. این امر به طور غیرمستقیم بر پایداری رنگ نیز تأثیر می‌گذارد، زیرا محیط با رطوبت کمتر، شرایط مناسب‌تری را برای اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها فراهم می‌کند. در برخی موارد، استفاده هم‌زمان پکتین و ژلاتین ممکن است منجر به تداخل بین این دو ماده و کاهش اثر مثبت پکتین بر پایداری رنگ شود.

طبق نتایج این تحقیق پایداری آنتوسیانین‌ها طی نگهداری به طور معناداری با افزایش درصد پکتین نمونه‌ها افزایش یافت. میزان تخریب پارامترهای رنگی و میزان آنتوسیانین‌ها در نمونه‌ها فاقد پکتین بیشتر از بقیه نمونه‌ها به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که واکنش الکترواستاتیکی بین کاتیون فلاویلیوم آنتوسیانین‌ها و گروه کربوکسیلیک یونیزه شده پکتین باعث افزایش پایداری آنتوسیانین‌ها طی نگهداری شده است.

بررسی انواع مختلف پکتین و ژلاتین:

انواع پکتین: از انواع مختلف پکتین (سیب، مرکبات، چغندر و ...) استفاده کرده و تأثیر آن‌ها را بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌ها مقایسه کنید.

انواع ژلاتین: از ژلاتین‌های با منشأ مختلف (گاو، خوک، ماهی) و با وزن مولکولی متفاوت استفاده کرده و اثر آن‌ها را بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی پاستیل بررسی کنید.

۱- تأثیر عوامل دیگر بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌ها:

اثر pH محیط بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌ها را در محدوده pH فیزیولوژیکی بررسی کنید.

اثر دماهای مختلف نگهداری بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌ها را در طول زمان مطالعه کنید.

اثر نور مرئی و ماوراء بنفش بر تخریب آنتوسیانین‌ها را بررسی کرده و راهکارهایی برای محافظت از آن‌ها ارائه دهید.

اکسیژن: اثر حضور اکسیژن بر اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها را مطالعه کرده و از روش‌های مختلف برای کاهش این اثر استفاده کنید.

۲- بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل:

طراحی آزمایشات: از روش‌های طراحی آزمایشات مانند روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل و تعیین غلظت بهینه پکتین و ژلاتین استفاده کنید.

مدل‌سازی: با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب، مدل‌های ریاضی برای پیش‌بینی خواص پاستیل بر اساس ترکیب آن ایجاد کنید.

۳- مقایسه با پاستیل‌های تجاری:

پروفیل حسی: پروفیل حسی پاستیل‌های تولید شده را با پاستیل‌های تجاری مشابه مقایسه کنید.

آنالیز ترکیبات: ترکیبات شیمیایی پاستیل‌های تولید شده را با پاستیل‌های تجاری مقایسه کرده و تفاوت‌های آن‌ها را مشخص کنید

۴- ارزیابی پایداری طولانی مدت:

شرایط نگهداری مختلف: پایداری پاستیل‌ها را در شرایط نگهداری مختلف (دما، رطوبت، نور) در طول زمان طولانی بررسی کنید.

شاخص‌های پایداری: از شاخص‌های مختلف مانند تغییرات رنگ، بافت، آنتوسیانین و ترکیبات فرار برای ارزیابی پایداری استفاده کنید.

۵- ارزیابی خواص سلامتی بخش:

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی پاستیل‌های تولید شده را با روش‌های مختلف اندازه‌گیری کنید.

اثرات بیولوژیکی: اثر مصرف پاستیل بر برخی پارامترهای بیولوژیکی در مدل‌های حیوانی یا مطالعات اپیدمیولوژیک را بررسی کنید.

٦- کاربردهای بالقوه:

محصولات جدید: با استفاده از نتایج این پژوهش، محصولات جدیدی مانند پاستیل‌های فراسودمند یا پاستیل‌هایی با رنگ‌های طبیعی متنوع تولید کنید.

بهبود کیفیت محصولات موجود: از نتایج این پژوهش برای بهبود کیفیت پاستیل‌های تجاری موجود استفاده کنید.

با انجام این پژوهش‌ها، می‌توانید به درک عمیق‌تری از مکانیسم‌های تأثیر پکتین و ژلاتین بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌ها دست پیدا کنید و فرمولاسیون بهینه برای تولید پاستیل‌های با کیفیت بالا و پایدار را ارائه دهید.

فهرست منابع

- ابراهیم زاده، م و آزادبخت، م. (۱۳۸۵). استخراج پکتین و مقایسه بازدهی، درجه استریفیکاسیون و درصد گالاکتورونیک اسید در پوست برخی مرکبات. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره شانزدهم شماره ۵۴.

- آریان‌فر، ا، ظهوریان پردل، ش. ۱۳۹۶. تاثیرپکتین در پایدارسازی شربت خاکشیر، نشریه‌ی نوآوری در علوم وفناوری غذایی، سال یازدهم، شماره‌ی اول، بهار۹۸.

- آزادی، ر..۱۳۸۸ فلور ایران تیره زرشک. مؤسسه تحقیقات و جنگل‌ها و مراتع کشور.

- خلیلیان، ص. شهیدی، ف. الهی، م، محبی، م. ۱۳۹۳. بررسی ویژگی‌های حسی و پارامترهای رنگی پاستیل میوه‌ای بر پایه پوره طالبی، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۲، دوره ۱۱، بهار ۱۳۹۳.

- خلیلیان، ص. شهیدی، ف. الهی، م و محبی، م..۱۳۸۹ بررسی فرمولاسیون پاستیل طالبی با تکیه بر ویژگی‌های حسی و بررسی تغییرات رنگ آنها طی مدت زمان نگهداری با استفاده از روش پردازش تصویر، نوزدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران.

- خلیلیان، ص. شهیدی، ف. الهی، م، محبی، م. ۱۳۸۹. بررسی فرمولاسیون فرآورده میوهای نوین از پوره طالبی (ژل مک) با استفاده از روش‌های سطح پاسخ (RSM)و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)، مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد دوم، شماره اول، صص ۵۴-۴۱.

- شهیدی، ف. بصیری، ش، صادقی، ف. خلیلیان، ص و خزایی پول، ا. ۱۳۹۶. تهیه پاستیل توت سفید (ژل مک) و بررسی اثر مقادیر مختلف پکتین و آگار بر فعالیت آب، ویژگی‌های حسی، بافتی و پارامترهای رنگی آن، علوم و صنایع غذایی، شماره ۸۲، دوره ۱۵، آذرماه ۱۳۹۷.

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

- فرزقی، م. شریفی، ا. استیری، ح. ۱۳۹۵، بهینه سازی فرایند تولید پاستیل فراسودمند از میوه زرشک بی دانه به روش سطح پاسخ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، نشریه‌ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال نهم، شماره‌ی اول، بهار ۱۳۹۶.
- فرهادی، م. اعلمی، م. مقصودلو، ی. عطارودی، م، ر. ۱۳۹۷. اثر غلظت‌های مختلف پکتین بر پایداری رنگ و آنتوسیانین‌های زرشک سیاه (cratagina.B) در سیستم مدل پاستیل میوه‌ای، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۴، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۷، صص ۶۲۸-۶۱۷.
- فرهادی، م.، وریدی، م.ج.، وریدی، م. و شهیدی، ف..۱۳۹۳ بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی سه گونه زرشک بومی ایران، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی تبریز، ۲۴.۶۳-۷۶
- کافی، م و بالندری، الف.۱۳۸۱ زرشک فناوری تولید و فراوری. مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- هراتی فرزقی، م. شریفی، ا. استیری، س، ح.، ۱۳۹۵. بهینه‌سازی فرایند تولید پاستیل فراسودمند از میوه زرشک بی‌دانه به روش سطح پاسخ، نشریه‌ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال نهم، شماره‌ی اول، بهار ۹۶.
- Brouillard, R. (1981). Origin of the exceptional color stability of the Zebrina anthocyanin. Phytochemistry. 22: 1311-1323.
- Brouillard, R. (1982). Chemical struvture of anthocyanins. In: Anthocyanins as Food Colors. Pericles Markakis (Editor), Academic Press Inc, New York.1-38.

- Brouillard, R. (1982). Chemical struvture of anthocyanins. In: Anthocyanins as Food Colors. Pericles Markakis (Editor), Academic Press Inc, New York.1-38.

- Brouillard, R. and Dangles, O. (1993). Flavonoids and flower color. In J.B. Harborne (Ed). The Flavonoids Advances in Research science. 565-588.
- Buchweitz, M., Speth, M., Kammerer, D.R., & Carle, R., 2013, Impact of pectin type on the storage stability of black currant (Ribes nigrumL.) anthocyanins in pectic model solutions. Food Chemistry, 139:1168–1178.
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M.d.L., Páez-Hernández, M.E., Rodríguez, J.A. and Galán-Vidal, C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry. 113(4): 859- 871.

- Cavalcanti, R. N., Santos, D. T., & Meireles, M. A. A., 2011, Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems—an overview. Food. Research International, 44: 499-509
- Fathi, B., Maghsoudloo, Y., Ghorbani, M., Khomeiri, M. 2012, The effect of pH, temperature, and time of acidic extraction on the yield and quality properties of pectin from Nutty Pumpkin, IFSTRJ, 22: 465-475.
- Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A. and Dębski, H. (2008). Anthocyanins in fruit and vegetables, their occurrence, analysis and role in human nutrition. Vegetable Crops Research Bulletin. 68: 5–22
- Hubbermann, E. M., Heins, A., Stöckmann, H., & Schwarz, K., 2006, Influence of acids, salt, sugars and hydrocolloids on the colour stability of anthocyanin rich black currant and elderberry concentrates. Euro Food Research Technology, 223: 83-90.
- Jaganath, I.B. and Crozier, A. (2010). Dietary flavonoids and phenolic compounds. In Plant Phenolics and Human Health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology (edited by Cesar G. Fraga). John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- Jaganath, I.B. and Crozier, A. (2010). Dietary flavonoids and phenolic compounds. In Plant Phenolics and Human Health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology (edited by Cesar G. Fraga). John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- Kahkonen, M.P., Heinamaki, J., Ollilainen, V. and Heinonen. M. (2003). Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51: 628-633.
- Keramat, J., Kabir, Gh., Ghenaati, B. 2002. Investigating the quality and quantity of the pectin extracted from the orange juice concentrate, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6 (4): 141-150.
- Koubala, B.B., Kansci, G., Mbome, L.I., C, Crepeau, M.J., Thibault, J.F., & Ralet, M.C. (2008). Effect of extraction conditions on some physicochemical characteristics of pectins from ‘‘Améliorée’’ and‘Mango’ mango peels. Food Hydrocolloids 22 (7), 1345–1351.
- Maier, T., Fromm, M., Schieber, A., Kammerer, D.R., & Carle, R., 2009, Process and storage stability of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics in pectin and gelatin gels enriched with grape pomace extracts, Euro Food Research Technology, 229: 949–960

- Mesbahi, Gh., Jamalian, J. 2002, Extraction of the pectin from the root beet waste and investigating its application in the food products, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6 (125): 2-13.
- Miguel, M.G., (2011). Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 7-15.
- Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. Current opinion in plant biology, 11(3), 266-277.
- Sato, M. d. F., Rigoni, D. C., Canteri, M. H. G., Petkowicz, C. L. d. O., Nogueira, A., & Wosiacki, G. (2011). Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. Acta Scientiarum Agronomy, 33(3): 383-389.
- Vosoughi, M. 1996. Production and purification of the pectin from apple waste, Research report No. 164, Research Institute of Agricultural Engineering, Iran
- Hellstrom, J., Mattila, P., &Karjalainen, R., 2013. Stability of anthocyanins in berry juices stored at different
- temperatures. Journal of Food Composition and Analysis, 31: 12-19