

بررسی اثر پروتئین آب‌پنیر و صمغ دانه کتان بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی پاستیل پفی پوره عناب-سیب

الهام آذرپژوه*^۱، پروین شرایعی^۲، هادی زراعتگر^۳، بیتا بیضایی^۴

^۱ دانشجویار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد-ایران.

^۳ استادیار پژوهش، بخش باغبانی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند-ایران.

^۴ مسئول فنی و مدیر کنترل کیفی شرکت مشهد روستا، نیشابور-ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷

چکیده

پاستیل بر پایه میوه‌جات جایگاه ویژه‌ای را در فرهنگ غذایی نوجوانان و جوانان ایفا می‌کند و مصرف مکرر و کافی آن نقش مؤثری در دستیابی به سلامت عمومی دارد. در این پژوهش، پاستیل فراسودمند با بافت پفی با استفاده از روش آماری طرح مرکب مرکزی تولید گردید. بدین منظور، پاستیل با استفاده از پوره عناب - سیب به‌عنوان پایه اصلی فرمولاسیون با درصدهای (۲۰:۸۰، ۴۰:۶۰، ۴۰:۶۰ و ۶۰:۴۰ درصد وزنی/وزنی عناب-سیب)، صمغ بذر کتان به‌عنوان ایجادکننده کف به میزان (صفر، ۱ و ۲ درصد)، کنسانتره پروتئین آب‌پنیر به‌عنوان منبع پروتئین و پایدارکننده کف به میزان (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد) تولید و با استفاده از روش سطح پاسخ، مورد آزمون قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی پاستیل تولیدی نظیر دانسیته کف، قدرت نگهداری گاز، بافت، تغییرات رنگی و ویژگی‌های حسی ارزیابی شد. در تمام موارد، مدل درجه دوم توانست داده‌های آزمایشگاهی را به‌صورت مناسبی برازش داد. نتایج نشان داد، افزایش صمغ در بافت پاستیل باعث افزایش نگهداری گاز و کاهش دانسیته گردید. با افزایش درصد عناب - سیب، در تمامی درصدهای پروتئین آب‌پنیر، سفتی بافت پاستیل به‌صورت خطی افزایش یافت. افزایش میزان صمغ کتان، تغییرات رنگی در ابتدا روند افزایشی و سپس کاهش داشت. با افزایش درصد عناب-سیب درصد پذیرش کلی افزایش یافت. در حالیکه افزایش درصد صمغ کتان و پروتئین آب‌پنیر تاثیر معنی داری ($P < 0.05$) بر افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها نداشت. شرایط بهینه فرمولاسیون پاستیل پفی با درصد عناب-سیب ۵۷:۴۳ درصد، صمغ بذر کتان ۲ درصد و پروتئین آب‌پنیر ۱۳ درصد حاصل شد. در شرایط بهینه قدرت نگهداری گاز، دانسیته کف، تغییرات رنگی، سفتی بافت و پذیرش کلی حاصله به ترتیب ۴۵/۵۵ درصد، ۰/۲۴۴ گرم بر میلی‌لیتر، ۹/۵۰، ۵۹/۱۱ نیوتن و ۴/۴۷ بود.

واژه‌های کلیدی: پاستیل پفی، آب‌پنیر، بذر کتان، پوره عناب-سیب.

مقدمه

دلیل طعم متنوع خود، ماندگاری بالا و هزینه نسبتاً کم، طرفداران بسیاری دارد (آلتان^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه کودکان و نوجوانان مصرف‌کنندگان اصلی میان

میان وعده‌ها همواره بخش قابل توجهی از میان وعده-های غذایی افراد را در زندگی مدرن تشکیل می‌دهند و به

¹ Altan

<http://doi: 10.22092/FOODER.2023.360992.1355>



عناب خشک شده به ترتیب ۹/۷، ۲۵، ۷/۶۰ و ۴/۴ درصد است (فلاحی و اقحوانی شجری، ۱۳۸۹). قندهای آزاد عناب خشک شده شامل ساکارز، فروکتوز و گلوکز بوده و حضور اسیدهای آمینه آزاد پرولین، اسیدگلوتامیک، تیروزین، متیونین و ترئونین موجود در آن، طعم و مزه آن را تشدید می‌کنند (آذرپژوه و مختاریان^۵، ۲۰۰۷). پژوهش‌ها نشان داده است که پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از میوه عناب خواص ضد اکسایشی، ضد التهابی، ضد سرطانی و ضد ویروسی دارند. این پلی‌ساکاریدها اغلب ساختمان پکتیکی داشته و حاوی مقادیر فراوانی از ارونیک اسید، آرابینوز و گالاکتوز هستند که بسته به نوع واریته و محل کشت، مقادیر کمی آنها تا حدی متفاوت است (ژائو^۶ و همکاران، ۲۰۰۸؛ جی^۷ و همکاران، ۲۰۱۸). استفاده از عناب به دلیل خواص فراسودمندی در فرمولاسیون بسیاری از مواد غذایی نظیر خمیرها، سوپها، پوره‌ها و محصولات قنادی توصیه شده است (شرفی^۸ و همکاران، ۲۰۱۷).

استان خراسان جنوبی با سطح زیر کشت ۳۰۸۳ هکتار در سال ۱۴۰۰ بیش از ۹۷ درصد کل تولید و مهمترین مرکز کشت و پرورش عناب بوده است. با توجه به تولید بالای عناب و در راستای افزایش کارایی آن و اصلاح الگوی مصرف فرآورده‌های غذایی انجام پژوهش در زمینه کاربرد عناب در فرمولاسیون انواع میان وعده‌های غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد.

به علت ویژگی‌های پروتئینهای آب پنیر، امروزه در سطح وسیعی برای بهبود کیفیت فیزیکی و حسی محصولات غذایی استفاده می‌شوند. ضمن اینکه با استفاده از روش‌های مختلف از جمله فن‌آوری‌های غشایی، از آب پنیر، ترکیبات غلیظ شده‌ای مثل کنسانتره پروتئینی آب پنیر تولید می‌کنند که کاربرد پروتئینهای آب پنیر را در

وعده‌ها هستند، بهبود ارزش تغذیه‌ای این دسته از میان وعده‌ها الزامی است. برای این منظور می‌توان از موادی از قبیل میوه‌ها و سبزی‌ها که جنبه‌های سلامت بخشی دارند استفاده نمود (یاگچی و گوگس^۱، ۲۰۰۹). پاستیل‌های میوه‌ای ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند و از میوه‌های مازاد بر مصرف تازه خوری، تهیه می‌شوند. از جمله مواد تشکیل دهنده پاستیل‌ها، ترکیبات قوام دهنده نظیر گوار، آگار، ژلاتین، پکتین و صمغهای مختلف مانند صمغ عربی هستند که سبب 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 مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبر، زمان ماندگاری بالا و طعم مطلوب می‌تواند مورد توجه قشر وسیعی از جامعه به ویژه کودکان، زنان باردار و ورزشکاران قرار گیرد (بصیری و شهیدی^۲، ۲۰۱۷). باتوجه به روند رو به افزایش مصرف فرآورده‌های محتوی ژلاتین نظیر پاستیل، ژله و غیره که دارای ارزش تغذیه‌ای بسیار پایین و انرژی‌زایی بسیار بالا هستند، تولید فرآورده‌های رژیمی، کم کالری و دارای ویژگیهای فراسودمند، یک ضرورت می‌باشد (محمدی و عباسی^۳، ۲۰۱۷).

میوه عناب با نام علمی *Zizyphus jujube* Mille متعلق به خانواده *Rhamnaceae*^۴ یکی از منابع گیاهی غنی از فیبر می‌باشد. عناب یک میوه عملگرا است که نیاز صنعت میان وعده‌های غذایی را به فرآورده سالم و فراسودمند، برطرف می‌کند. از لحاظ ویتامین‌ها به خصوص ویتامین ث بسیار غنی است. رطوبت، قند، پروتئین خام و فیبر رژیمی در

⁵ Azarpazhooh and Mokhtarian

⁶ Zhao

⁷ Ji

⁸ Sharafi

¹ Yagci and Gogus

² Basiri and Shahidi

³ Mohammadi and Abbasi

⁴ Rhamnaceae

دوربان بدون پروتئین نشان داد. ویژگی‌های ذاتی این پروتئین از جمله اندازه مولکولی، شکل، بار خالص، کنفورماسیون، خاصیت هیدروفوبی، مقدار ترکیبات آمینواسیدی و گروه‌های سولفیدریل بر خصوصیات عملکردی آن اثر می‌گذارد (فاگدینگ^۸ و همکاران، ۲۰۰۲). تبدیل محلول پروتئین آب‌پنیر به ژل، فرایندی چند مرحله‌ای است. طی فرایند حرارت دهی، ابتدا بتالاکتوگلوبولین به‌عنوان عمده‌ترین جزء آب‌پنیر از حالت دimer به مونومر تبدیل می‌شود. سپس در اثر دناتوره شدن مونومرها، تجمع‌های کوچک پروتئینی ایجاد می‌شود (پوزوت^۹ و همکاران، ۲۰۰۴). در آخرین مرحله، ایجاد شبکه توسط این تجمع‌های پروتئینی از طریق فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی، موجب تشکیل ژل می‌شود. در روش غیر حرارتی، تشکیل ژل حتی می‌تواند در دمای معمول اتاق و یا دمای یخچال نیز صورت گیرد. به همین دلیل ژلهای تشکیل شده به این روش، ژلهای سرد نامیده می‌شوند (بریانت و مک کلمنتس^{۱۰}، ۱۹۹۸). روش مرسوم تشکیل ژل سرد به طور معمول به صورت حرارت دادن اولیه محلول به منظور ایجاد تجمع‌های پروتئینی و در مرحله بعد اضافه کردن نمک و یا کاهش pH در دمای محیط یا دمای یخچال است (مرساد-پریو و گوناسکاران^{۱۱}، ۲۰۱۶).

پروتئینها و پلی ساکاریدها، اجزای اصلی سیستم‌های غذایی را تشکیل می‌دهند و نقش اساسی در ایجاد ساختار، بافت و پایداری سیستم را دارا هستند. فرایند تشکیل ژل پروتئین نیز مانند سایر ویژگی‌های عملکردی آن، در حضور پلی‌ساکاریدها تغییر می‌کند (پرز^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۰). تاکنون تحقیقات بسیاری در مورد تشکیل ژل

محصولات غذایی تسهیل می‌کند. پروتئینهای محلول در سرم شیر یا پروتئین آب‌پنیر به‌طور متوسط ۲۵ درصد کل پروتئین‌های موجود در شیر گاو را شامل می‌شوند. این پروتئین نیز دارای خواص عملکردی نظیر قدرت جذب آب و تولید ژل مناسب، خواص امولسیون‌کنندگی، افزایش دهنده ویسکوزیته و افزایش قابلیت زدن و کف کردن می‌باشد (رشیدی^۱، ۲۰۰۶ و رابینسون^۲، ۱۹۸۶). پروتئین‌ها همچنین با ایجاد لایه فیلم، حبابهای هوا را احاطه کرده و آنها را در مواد غذایی حفظ می‌کنند و توانایی خوبی در ایجاد ثبات کف دارند. در این راستا بازآرایی ساختار با ویژگی‌های آب‌گریزی مسئول ایجاد کف در مواد غذایی می‌باشد (فائوگدینگ^۳ و همکاران ۲۰۰۶). شیفر^۴ و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که فعالیت امولسیفایری برخی از پروتئین‌ها مانند کازئین، پروتئین سویا و پروتئین آب‌پنیر تجاری در نقطه ایزوالکتریک نسبت به شکل‌های اصلی آنها کمتر می‌باشد. این ویژگی ممکن است سبب محدودیت استفاده آنها در مواد غذایی اسیدی شود. والنزولا و اگویرا^۵ (۲۰۱۳)، تاثیر ساختار میکروسکوپی بر فرایند خشک کردن و خواص مکانیکی پاستیل پفی سیب را گزارش کردند. آنها اظهار داشتند هوادهی سبب کاهش دانسیته پوره میوه سیب و افزایش سرعت خشک کردن می‌شود؛ بنابراین هوادهی می‌تواند برای پوره میوه‌های حاوی قند بالا و حساس به حرارت مفید باشد. عمید^۶ و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند حضور پروتئین آب‌پنیر در ساختار مولکولی صمغ دانه دوربان^۷ بر توانایی ایجاد کف از طریق کاهش کشش سطحی اثر معنی داری داشت. در حقیقت صمغ دانه دوربان متصل به پروتئین، ویژگی‌های آب‌گریزی بیشتر، ظرفیت ایجاد کف بهتر و فعالیت امولسیفایری موثرتری را نسبت به صمغ دانه

⁷ Durian Fruit

⁸ Foegeding

⁹ Pouzot

¹⁰ Bryant and McClements

¹¹ Mercade-Prieto and Gunasekaran

¹² Perez

¹ Rashidi

² Robinson

³ Foegeding

⁴ Shepherd

⁵ Valenzuela & Aguilera

⁶ Tabatabaee Amid

همکاران، ۲۰۰۶). حبابهای هوا عناصر مهم ساختاری در مواد جامد غذایی هستند. کفها در مواد غذایی مانند نان، تنقلات پف کرده، معمولاً به عنوان فاز پراکنده سلولهای هوا یا منافذ در بافت غذایی هستند (آگیلرا^۸، ۲۰۰۵؛ زونیکا و آگیلرا^۹، ۲۰۰۸). وارد کردن هوا در بافت مواد غذایی باعث افزایش حجم نسبت به وزن و کاهش کالری محصول می شود (پلازر^۸، ۲۰۰۹).

دانه کتان با نام علمی *Linum usitatissimum* که مقدار روغن دانه‌ها بین ۳۸-۴۵ درصد می باشد که ۶۲-۵۰ درصد آنرا آلفا لینولنیک اسید (ALA) می دهد. این گیاه علاوه بر روغن، ۲۵ درصد فیبر، ۱۹ تا ۲۹ درصد پروتئین، ۸ درصد ترکیبات موسیلاژی (صمغ) و ۳/۶۷ درصد خاکستر (مواد معدنی) بوده و به عنوان یک غنی کننده و افزودنی در ایالات متحده آمریکا و بیشتر کشورهای اروپایی در تولید محصولات غذایی مورد استفاده قرار می گیرد (زیولکوسکا^{۱۰}، ۲۰۱۲)

دانه کتان حاوی یک پلی ساکارید محلول در آب (موسیلاژ) که شامل مخلوط از آرابینوکسیلانها^{۱۱} و پلی- ساکاریدهای حاوی رامنوز^{۱۱} اسیدی است (زیولکوسکا^{۱۲}، ۲۰۱۲). دانه کتان به عنوان یک هیدروکلوئید غلیظ کننده مواد غذایی (ویو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۰) و یا عامل ژل کننده در نظر گرفته می شود (چن^{۱۴}، ۲۰۰۶). علاوه بر این، مصرف موسیلاژ دانه کتان برای کاهش قند و کلسترول خون در بیماران دیابتی توصیه می شود (تاکور^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۹). به طور کلی هیدروکلوئیدها بر ویژگیهای بافتی و احساس دهانی فرآورده های غذایی تأثیر به سزایی دارند. در عین حال در ایجاد اتصالات آبی در فرآورده های قنادی نیز حائز اهمیت می باشند. استفاده از هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون

ترکیبی پروتئین آب پنیر و یا پروتئینهای تشکیل دهنده آن با طیف گسترده ای از پلی ساکاریدها از جمله زانتان (برتراند و تورگون^۱، ۲۰۰۷) آلژینات و صمغ دانه ریحان انجام شده است (رافع و رضوی^۲، ۲۰۱۳).

هیدروکلوئیدها به طور گسترده ای به عنوان عوامل ژل کننده و تثبیت کنندهها در صنایع غذایی کاربرد دارند (عباس تبار^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور مثال پکتین در صنعت قنادی به ویژه در ژله های میوه ای، بافت، بو و طعم مطلوب ایجاد می کند. علاوه بر این، تهیه و تولید فرآورده های میوه ای ساخته شده از پالپ میوه ها موضوع بسیاری از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. دماریس و زیگلر^۴ در سال ۲۰۰۱، ترکیب ژلی مخلوط ژلاتین - پکتین را تحت عنوان صمغهای قنادی مورد بررسی قرار دادند و ترکیبهای ژلی مختلف نرم، سفت و شکننده و لاستیکی تولید نمودند (دماریس و زیگلر، ۲۰۰۱). در این مطالعه ژل های مخلوط پکتین با ژلاتین نسبت به ژلهای ژلاتینی طعم- های میوه ای، شیرین و تند نشان دادند نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن پکتین سبب ایجاد شکنندگی، کاهش خاصیت جویدنی و صافی بیشتر ساختار ژل ژلاتینی می- شود. بلند^۵ و همکاران (۲۰۰۶) میزان رهاسازی و پدید آمدن طعم توت فرنگی را در ژلهای ژلاتین و پکتین بررسی کردند. ژلهای پکتین قدرت بیشتری در رها سازی بو و پدیدار شدن طعم نشان دادند. افزایش غظت های پکتین و ژلاتین، افزایش سفتی ژل را به دنبال داشت که این خود سرعت رهاسازی طعم را کاهش می داد و در نهایت درک بو و طعم توت فرنگی و شیرینی کاهش پیدا کرد. این پژوهشگران اظهار داشتند که نوع هیدروکلوئید و سفتی نمونه اثر مهمی بر رها سازی و درک طعم دارد (بلند و

⁸ Palzer

⁹ Ziolkovska

¹⁰ arabinoxylans

¹¹ rhamnose

¹² Ziolkovska

¹³ Wu

¹⁴ Chen

¹⁵ Thakur

¹ Bertrand and Turgeon

² Rafe and Razavi

³ Abbastabar

⁴ DeMars and Ziegler

⁵ Boland

⁶ Aguilera

⁷ Zúñiga and Aguilera

طبیعی خراسان رضوی و پودر آب‌پنیر از کارخانه پگاه تهیه گردید.

استخراج آبی موسیلاژ کتان

استخراج موسیلاژ دانه کتان، با استفاده از آب دوبار تقطیر به نسبت (دانه: آب، ۱: ۶) در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و در pH ثابت ۷ با استفاده از سود و یا اسید کلریدریک ۰/۱ مولار انجام شد. قبل از افزودن دانه‌ها، آب تا دمای مورد نظر گرم شد و سپس طی مدت استخراج، مخلوط آب و دانه با استفاده از همزن (شیمی فن، ایران با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه) مخلوط گردید. سپس دانه‌ها به کمک قیف بوختر متصل به پمپ خلا از محلول هیدروکلوئیدی جدا شدند و با افزودن اتانل ۹۶ درصد ۳ برابر حجم موسیلاژ رسوب کرد (سیگتوگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). محلول با استفاده از پارچه کتانی صاف شد و در آن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب و توسط الک با مش ۶۰ جداسازی گردید. در انتها صمغ به‌دست آمده در کیسه‌های پلی‌آمید بسته‌بندی شد. موسیلاژ خشک شده تا زمان انجام آزمایش‌های بعدی، در تاریکی و دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

تولید و آماده‌سازی پاستیل پفی

پاستیل پفی با استفاده از پوره عناب: سیب با نسبت (۸۰:۲۰، ۶۰:۴۰ و ۲۰:۶۰ درصد) به‌عنوان پایه اصلی فرمولاسیون تهیه شد. اجزاء فرمولاسیون شامل: صمغ بذر کتان به‌عنوان ایجاد‌کننده کف به میزان صفر، ۱ و ۲ درصد، کنسانتره پروتئین آب‌پنیر به‌عنوان منبع پروتئین و پایدارکننده کف به میزان صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد بودند. در ابتدا صمغ با میزان تعیین شده در فرمولاسیون با آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا ایجاد یک ژل یکنواخت مخلوط شده سپس پودر آب‌پنیر به میزان لازم اضافه و در نهایت این مخلوط به میزان کمی از پوره عناب-سیب تا ایجاد خمیری صاف و یکنواخت اضافه گردید. این خمیر همراه با آب تا حصول

تنقلات میوه‌ای برای ایجاد بافتهای جدید و افزایش پایداری آنها به دلیل خاصیت حجم‌دهندگی، نگهداری آب، بهبود بافت، تأثیر بر رهاسازی مواد طعم‌زا و سایر ویژگیهای ساختاری و حسی در فراورده مورد نظر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند. اخیراً پژوهشهایی در رابطه با تولید و فرمولاسیون پاستیل‌های میوه‌ای بر پایه پوره میوه‌جات توسط شهیدی و همکاران (۱۳۸۹)، خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) و رضایی و همکاران (۱۳۸۹) صورت پذیرفته است. آنها از پوره سیب، کدو حلوائی، طالبی و آلود به همراه ترکیبات مختلف هیدروکلوئیدها از جمله نشاسته، پکتین، زانتان و ژلاتین استفاده کرده و بافتی مشابه پاستیل‌های رایج در بازار که از ۹۰ درصد ژلاتین و شیرین‌کننده به همراه افزودنی‌های مصنوعی ساخته می‌شود، تولید نمودند. پاستیل‌های میوه‌ای تولیدی از لحاظ ارزش تغذیه‌ای، سلامت بخش بودن و پذیرش با نوع رایج در بازار غیر قابل مقایسه بودند. لذا، این پروژه با هدف تولید پاستیل پفی عناب-سیب و ارزیابی خواص فیزیکیوشیمیایی و حسی محصول انجام شده است.

مواد و روش

مواد اولیه

میوه خشک شده عناب واریته اسپینوسا^۱ تهیه شده در مرکز تحقیقات و آموزش و منابع طبیعی خراسان جنوبی (بیرجند) به‌طور کامل به‌وسیله آسیاب چکشی مدل ویترن (۵۰۰، آسیاب گردید. به‌منظور دانه‌بندی یکنواخت، آرد آسیاب شده، از الک با مش ۵۰ عبور داده شد. پودر تولیدی در بسته‌های پلی‌اتیلنی با ضخامت ۷۰ میکرون و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان استفاده نگهداری گردید. سیب درختی رقم گلدن دلشز به‌صورت فله‌ای از بازار محلی (مشهد) خریداری و پس از انتقال به آزمایشگاه و شستشو تا قبل از انجام آزمایشات در یخچال نگهداری شد. دانه کتان از نمونه کشت شده در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع

¹ Spinosa

² Singthong

بریکس ۲۱/۵ درصد به مابقی پوره عناب- سیب اضافه شد. عناب به سیب، درصد پروتئین آب پنیر و درصد صمغ دانه به منظور تولید فرمولاسیون نهایی، خمیر تولید شده در حرارت اتاق توسط همزن دستی با دوره‌های مشخص به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. شرایط هر آزمون شامل نسبت

جدول ۱- تیمارهای تصادفی آزمایش در فرمولاسیون پاستیل پفی عناب- سیب

Table 1-Random treatments of the experiment in Jujube-apple puree puffy pastille formulation

پروتئین آب پنیر (درصد) Whey protein (%)	موسیلاژ دانه کتان (درصد) Linseed mucilage (%)	پوره (عناب: سیب) (درصد) Puree (Jujube: apple) (%)	ردیف No
10	2	80:20	1
0	2	60:40	2
0	1	40:60	3
10	1	60:40	4
10	1	60:40	5
20	1	40:60	6
10	1	60:40	7
20	1	80:20	8
20	2	60:40	9
0	0	60:40	10
10	2	40:60	11
10	1	60:40	12
10	1	60:40	13
0	1	80:20	14
10	0	40:60	15
20	0	60:40	16
20	0	20:80	17

خشک کردن توسط هوای داغ

به منظور حصول شرایط پایدار در سیستم، خشک کن به مدت ۳۰ دقیقه قبل از فرآیند روشن شده و مخلوط ژل درون قالبهای مشبک از جنس استیل ضدزنگ در حفره‌های با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر ریخته شد. نمونه‌ها بر روی سینی خشک کن کابینی با دمای ثابت ۶۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه خشک شدند. آزمایشهای مورد نظر بر روی نمونه‌های خشک شده انجام پذیرفت.

آزمون‌های فیزیکی شیمیایی

دانسیته کف (خمیر پاستیل)

دانسیته با روش والنزوللا و آگئلا^{۳۹} (۲۰۱۳) بر روی خمیر پاستیل انجام شد. پوره عناب- سیب در استوانه مدرج شیشه‌ای تا ارتفاع ۲۵ میلی لیتر با دقت بدون از بین رفتن کف پر شد. دانسیته از تقسیم وزن کف بر حجم سیلندر حاصل گردید.

قدرت نگهداری گاز (خمیر پاستیل)

³⁹ Valenzuela and Aguilera

آن‌ها در فضای رنگی Lab با نرم افزار Image j (version 1.40g) استخراج شد. مدل رنگی L^*, a^*, b^* مرکب از مولفه L^* (روشنی) با محدوده صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید)، مولفه a^* (قرمزی) نامحدود با طیف رنگی سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت) و مولفه b^* (زردی) نامحدود با طیف رنگی آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) بود (فنگسیا و ژانمینگ^{۴۳}، ۲۰۰۱). تغییرات رنگی کل توسط فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$\sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2} \quad (2)$$

ارزیابی حسی

در این پژوهش آزمون حسی با قضاوت ۱۰ داور آموزش دیده انجام شد. به منظور ارزیابی نمونه از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (عدد ۱ بسیار نامطلوب، عدد ۵ بسیار مطلوب) استفاده گردید. تعداد ۵ صفت حسی شامل طعم و مزه، قابلیت جویدن، رنگ و پذیرش کلی نمونه مورد ارزیابی قرار گرفتند (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۷).

تجزیه و تحلیل آماری

طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری بوده و در بهینه‌سازی فرآیندهایی به کار می‌رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه متدولوژی سطح پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایشها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون و درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند. به منظور بررسی اثرات متغیرهای فرایند در تولید پاستیل پفی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از طرح باکس بنکن استفاده گردید. در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل شامل A مخلوط آرد عناب و سیب: PAJ (درصد)، B پروتئین آب‌پنیر: WP (درصد) و C: صمغ بذر کتان FMU (درصد)، در جدول ۱ نشان داده شده است. شش تکرار نقطه مرکزی برای تخمین خطای آزمایش

به‌منظور کامل شدن جذب آب، محلول‌های موسیلاژ دانه کتان با ۰/۲۵ درصد وزنی حجمی به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. سپس پودر پروتئین آب‌پنیر با درصد وزنی- حجمی به محلول افزوده و با استفاده از هموژنایزر طی ۲ دقیقه با دور ۸۶۰۰ rpm به کف تبدیل گردید. کاهش حجم کف پس از ۳۰ دقیقه براساس رابطه زیر بعنوان قدرت نگهداری گاز گزارش گردید (Sciarini et al., 2009).

$$FS = \frac{f_{fv}}{t_{sv}} \times 100 \quad (1)$$

FS: حجم کل سوسپانسیون و f_{fv} حجم کف پس از ۳۰ دقیقه می‌باشد.

بافت سنجی

مطالعه بافت محصول با استفاده از دستگاه آنالیز بافت برای اندازه گیری سختی بافت با استفاده از روش TPA (گارسیا لوردو و همکاران، ۲۰۱۳). بافت نمونه‌های پاستیل با استفاده از تست فشار^{۴۰} با استفاده از دستگاه بافت سنج^{۴۱} مدل (CNC Farnell Hetfordshir, UK) و پروب TA39 مورد سنجش قرار گرفت. سرعت اولیه پروب ۲ میلی متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۱/۵ متر بر ثانیه و سرعت بازگشت ۲ میلی متر بر ثانیه بود و نیروی لازم برای انجام تست که بیانگر سفتی^{۴۲} نمونه می‌باشد، برحسب نیوتن اندازه گیری گردید.

تعیین مولفه‌های رنگی

به منظور بررسی رنگ نمونه‌های پاستیل از هر نمونه ۳ قطعه به‌طور تصادفی انتخاب و نمونه مابین دو لامل قرار داده شد و تصویر آن به کمک اسکنر مدل (Hp Scan Jet G3010) گرفته شد. به منظور جلوگیری از ورود هرگونه نور جانبی، سطح اسکنر با پارچه کاملاً سیاه و ضخیم پوشانیده شد. تصاویر با وضوح dpi300 و فرمت JPEG ذخیره گردید. پس از انتقال تصاویر به رایانه، مختصات رنگی

⁴² Hardness

⁴³ Fengxia & Zhanming

⁴⁰ Compression

⁴¹ Texuer Analyser

معادلات ریاضی درجه دوم کامل با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام پس رونده روی متغیرهای وابسته برازش شدند. در روش سطح پاسخ، طرح باکس بنکن برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را روی هر متغیر جداگانه بیان می‌نماید. مدل چند متغیره به صورت معادله ۳ می‌باشد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} X_j^2 + \sum_{i=1}^{j-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (3)$$

استفاده قرار گرفت. بهینه سازی با هدف به دست آوردن پاستیل با بالاترین کیفیت انجام شد. سپس خصوصیات فیزیکی شیمیایی پاستیل در شرایط بهینه، اندازه گیری شد. برای بهینه سازی از نرم افزار دیزاین اکسپرت استفاده گردید و به منظور تایید صحت مدل‌ها، نتایج پیشگویی شده و تجربی با نمونه شاهد با نرم افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($p < 0.05$) مقایسه شدند. شرایط هر آزمون شامل نسبت عناب به سیب، درصد پروتئین آب پنیر و درصد صمغ دانه کتان بر اساس سطوح متغیرهای پیش‌بینی شده در طرح باکس بنکن مطابق جدول ۲ در نظر گرفته شد.

استفاده شد. در مرحله دوم طرح آماری گزینش شده و رابطه مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی، برازش شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. مرحله سوم شامل ارائه گرافیکی رابطه مدل و تعیین شرایط عملیاتی بهینه بود و توسط نمودار سطح پاسخ و کنتور انجام پذیرفت. شرایط عملیاتی بهینه، با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی جستجو شد (سلانا و برازاکا، ۲۰۱۴).

برای طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار دیزاین اکسپرت (نسخه ۱۱) استفاده گردید. بدین منظور

که Y ، پاسخ پیش‌بینی شده؛ β_0 ، ضریب ثابت؛ β_i و β_{ij} ، اثرات خطی، مربعی و اثرات متقابل؛ X_i و X_j ، متغیرهای مستقل و ε ، خطا.

برای نشان دادن رابطه هر یک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودار سطوح آن‌ها بوسیله نرم افزار دیزاین اکسپرت ترسیم شد. به منظور ارزیابی صحت مدل‌های برازش داده شده، آزمون ضعف برازش، ضریب تغییرات، مقادیر ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل شده و مدل احتمال تعیین شدند. هم‌چنین، مدل‌های به دست آمده از بررسی رفتار متغیرها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پاستیل، به منظور بهینه سازی مورد

جدول (۲) متغیرهای مستقل و مقادیر کد شده و کد نشده

Table (2) Independent variables and their coded and uncoded values

صمغ بذرکتان (درصد) Linseed Mucilage (%)	پروتئین آب پنیر (درصد) Whey Protein (%)	عناب و سیب (درصد) Jujuba- Apple (%)	مقادیر کد شده Coded values
0	0	20	-1
1	10	40	0
2	20	60	+1

نتایج و بحث

بهینه‌یابی شرایط تولید پاستیل پفی عناب-سیب با استفاده از

روش سطح پاسخ

گزینش مدل مناسب و تجزیه مدل برازش یافته

به منظور تعیین مدل تجربی برای پیش بینی پاسخ، معادلات چند جمله‌ای شامل خطی، دو فاکتوریلی (تعاملی)، درجه ۲ و درجه ۳ بر داده‌های به دست آمده از روش سطح پاسخ برازش شدند. سپس این مدلها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. لازم به ذکر است که از نظر آماری مدلی مناسب است که آزمون ضعف برازش آن معنی دار نبوده و دارای بالاترین ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده باشد. سطر مربوط مدل انتخاب شده در جدول ۳ پررنگ تر

نمایش داده شده است. همچنین از این مدل برای ارزیابی میزان تاثیرات خطی، تعاملی، درجه ۲ و درجه ۳ متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته استفاده شد. از تجزیه و تحلیل واریانس و رگرسیون به منظور بررسی همخوانی مدل‌های پیشنهادی و بررسی آماری معنی داری متغیرهای مدل استفاده شد. ضرایب رگرسیونی معادلات تجربی و ضریب تبیین اصلاح شده مربوطه در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس شاخص P معنی داری مدلها و معادلات مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع نتایج نشان داد مدل‌های مورد استفاده می‌توانند جهت تخمین شرایط بهینه برای تهیه پاستیل پفی عناب-سیب مورد استفاده قرارگیرد.

جدول (۳) آنالیز آماری برای انتخاب مدل برازش شده بر ویژگی‌های کمی و کیفی پاستیل پفی عناب- سیب

Table (3) statistical analysis for selecting the fitted model on the quantitative and qualitative characteristics of Jujube-apple puree puffy pastille

متغیر وابسته	مدل Model	انحراف معیار Std.Dev	ضریب تبیین R^2	ضریب تبیین تعدیل شده $R^2_{Adjusted}$	ضریب تبیین پیش بینی شده R^2_{Pred}	ارزش P برای ضعف برازش P value for lack of fit
	خطی Linear	7.462	0.477	0.357	0.108	0.033
قدرت نگهداری گاز (درصد) Gas holding capacity (%)	دو فاکتوریل 2F	7.451	0.599	0.359	0.219	0.427
	درجه دو Quadratic	4.493	0.898	0.767	0.353	0.017
	درجه ۳ Qubic	2.588	0.981	0.923	-	0.063
	خطی Linear	0.066	0.441	0.312	-0.057	0.050
دانسیته (گرم بر میلی لیتر) Density(mg/l)	دو فاکتوریل 2F	0.054	0.706	0.529	-0.041	0.082
	درجه دو Quadratic	0.063	0.723	0.368	-1.773	0.927
	درجه ۳ Qubic	0.054	0.886	0.542	-	0.273
	خطی Linear	8.444	0.159	0	-0.302	0.507
تغییرات کل رنگ ΔE	دو فاکتوریل 2F	9.521	0.177	0	-1.318	0.972
	درجه دو Quadratic	4.920	0.846	0.648	0.209	0.006
	درجه ۳ Qubic	5.644	0.884	0.537	-	0.737
	خطی Linear	0.345	0.578	0.481	0.196	0.009
سفتی بافت (نیوتن) Frimness(N)	دو فاکتوریل 2F	2.234	0.582	0.331	-0.822	0.994
	درجه دو Quadratic	0.941	0.864	0.689	-0.671	0.040
	درجه ۳ Qubic	1/127	0.965	0.859	-	0.114

جدول (۴) تجزیه و تحلیل واریانس برای مدل درجه دوم سطح پاسخ بر روی متغیرهای پاسخ (ویژگی‌های کمی و کیفی) پاستیل پفی

پوره عناب-سیب

Table (4) Analysis of variance for the response surface quadratic model on the response variables (quantitative and qualitative characteristics) of Jujube-apple puree puffy pastille

سفتی بافت (نیوتن) Firmness(N)		تغییرات رنگ ΔE		دانسیتیه (گرم بر میلی لیتر) Density(mg/l)		قدرت نگهداری گاز (درصد) Gas holding capacity (%)		درجه آزاد ی DF	منبع Source
مجموع مربعات Sum of square	ضریب رگرسیون Coefficient	مجموع مربعات Sum of square	ضریب رگرسیون Coefficient	مجموع مربعات Sum of square	ضریب رگرسیون Coefficient	مجموع مربعات Sum of square	ضریب رگرسیون Coefficient		
39.342	11.136	932.108	43.398	0.072	0.610	1243.641	26.461	9	Model مدل
23.840	-0.23	28.662	ns	0.008	-0.005	312.500	-0.901	1	A:عناب-سیب Joujube-Apple
0.063	ns	112.888	27.965	0.016	-0.045	220.500	-5.0130	1	صمغ کتان (%) Linseed Mucilage (%)
2.443	-0.055	33.143	ns	0.020	-0.019	128.000	1.650	1	C:پروتئین آب پنیر Whey Protein (%)
0.009	0.004	4.725	ns	0.006	ns	12.250	0.019	1	A*A
0.116	ns	1.675	12.104	0.019	ns	156.250	5.132	1	B*B
0.020	ns	13.997	ns	0.001	ns	0.250	ns	1	C*C
10.654	ns	56.457	ns	0.000	ns	235.266	ns	1	A*B
0.744	ns	576.593	ns	0.001	0.0003	104.213	-0.031	1	A*C
1.656	ns	53.894	ns	0.000	ns	37.266	ns	1	B*C
6.203		169.465		0.028		141.300		7	Residual مانده‌ها
4.599	ns	42.038	ns	0.016	ns	114.500	ns	3	Lack of fit عدم برازش
1.604		127.428		0.011		26.800		4	Puree Error خطای خالص
6.203		1101.57 3		0.100		1384.941		16	Cor Total خطای کل
تحلیل واریانس مدل درجه دوم Variance analysis of quadratic model									
0.941		4.920		0.063		4.493			انحراف معیار Std.Dev
8.463		53.562		0.313		31.059			میانگین Mean
11.124		0.846		20.091		14.466			ضریب تغییرات (درصد) C.V%
0.864		0.648		0.723		0.898			ضریب تبیین ² R ²
0.689		0.209		0.368		0.767			ضریب تبیین Adjusted R ²
-0.671		6.080		-1.773		-0.353			ضریب تبیین پیش بینی شده Predicted R ²

اثر متغیرهای مستقل بر قدرت نگهداری گاز و دانسیته خمیر پاستیل

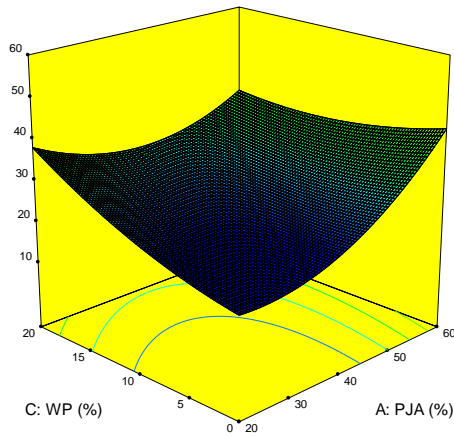
به منظور به دست آوردن مدل تجربی برای پیش بینی پاسخ های قدرت نگهداری گاز و دانسیته، رابطه های چند جمله ای شامل خطی، دو فاکتوریلی (تعاملی)، درجه ۲ و درجه ۳ بر داده های به دست آمده از این پاسخ ها برازش داده شدند و عبارات بی معنی از معادله پیشگو حذف شدند. روند تغییرات قدرت نگهداری گاز و دانسیته با توجه به مولفه های فرمولاسیون به صورت نمودار رویه پاسخ در شکل ۱ و معادله حاصل در جدول ۴ مشاهده می شود.

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل میزان عنب- سیب و پروتئین آب پنیر و صمغ دانه کتان، همه اثرات متقابل و مجذور صمغ دانه کتان بر قدرت نگهداری گاز در پاستیل پیفی سیب- عنب معنی دار بود ($P < 0/05$)، (شکل ۱، الف- ب). بررسی معادله به دست آمده برای قدرت نگهداری گاز نشان می دهد که معادله حاصل از ضریب تبیین ($0/99$) و ضریب تبیین تعدیل شده ($0/98$) بالایی برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن بی- معنی ($P < 0/05$) و ضریب تغییرات آن نیز پایین ($7/91$) می باشد که نشان دهنده مناسب بودن مدل ارائه شده است. همانطور که از شکل ۲- الف) مشاهده می شود، قدرت نگهداری گاز با افزایش میزان صمغ دانه کتان ابتدا کاهش و سپس با شیب تندی افزایش یافت. افزایش میزان عنب- سیب و پروتئین آب پنیر با شیب ملایمی افزایشی بود. هنگام هم زدن صمغ دانه کتان، هوا وارد پوره سیب- عنب می شود و به صورت حبابی در بافت پاستیل محبوس می گردد. حبابهای کوچکتر در اثر شکستن حبابهای بزرگتر حاصل می گردد. هوادهی در بافت پاستیل باعث افزایش نگهداری گاز می گردد که در نتیجه دانسیته کاهش می یابد. بیشترین میزان قدرت نگهداری گاز در میزان عنب- سیب ۶۰:۴۰ درصد با ۲۰ درصد پروتئین آب پنیر و ۲ درصد صمغ دانه

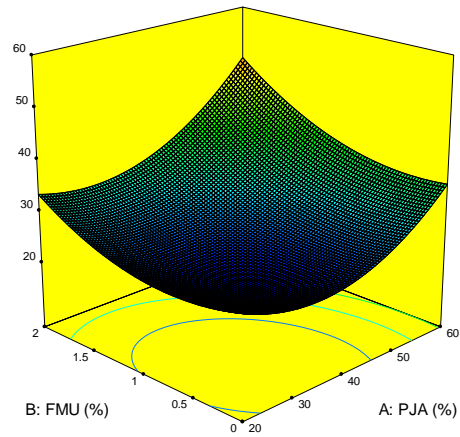
کتان بود. این رفتار در سایر مواد غذایی با ویسکوزیته بالا نیز گزارش شده است (سانکات و کاستایژن^{۴۵}، ۲۰۰۴؛ تووآپانیچایان^{۴۶} و همکاران، ۲۰۰۸) افزودن عنب به سیب باعث کاهش دانسیته گردید که این پدیده در پژوهش سانکات و کاستایژن، (۲۰۰۴) نیز گزارش شده بود. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که افزودن پروتئین سویا برای تهیه موز خشک شده به فرم کف باعث تولید کف موز بسیار سفت و با چگالی کم تولید می شود، که در برابر حرارت پایدار است و پس از ۱ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و معمولاً خشک و متخلخل می شود.

⁴⁶ Thuwapanichayanan

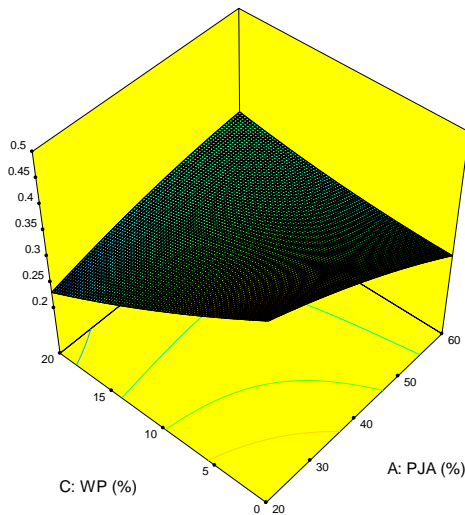
⁴⁵ Sankat and Castaigne



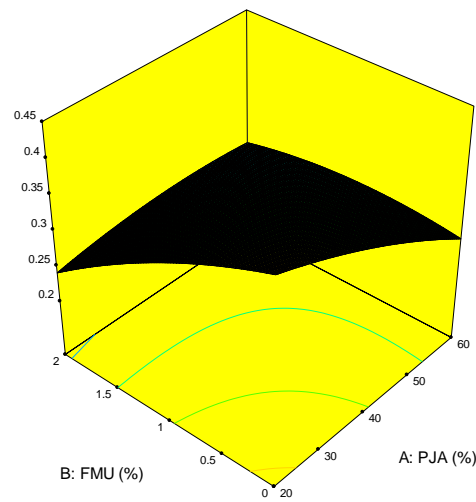
ب



الف



د



ج

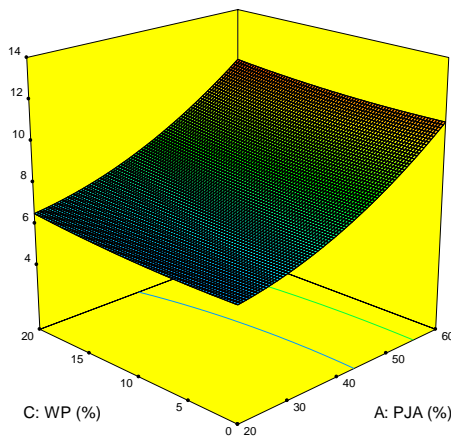
شکل (۱) نمودار سطح پاسخ اثر متقابل: (الف) میزان عناب-سیب (درصد) و صمغ بذر کتان (درصد); (ب) میزان عناب-سیب (درصد) و پروتئین آب پنیر بر قدرت نگهداری گاز در خمیر پاستیل; (ج)، میزان عناب-سیب (درصد) و صمغ بذر کتان (درصد); (د) میزان عناب-سیب (درصد) و پروتئین آب پنیر بر دانسیته خمیر پاستیل

Figure (1) Response surface plots for interaction effects of (a) amount of jujube-apple (percent) and flax seed gum (percent); (b) the amount of jujube-apple (percentage) and whey protein on the gas retention power in pastille dough; (c) the amount of jujube-apple (percentage) and flax seed gum (percentage); (d) amount of jujube-apple (percentage) and whey protein on pastille dough density

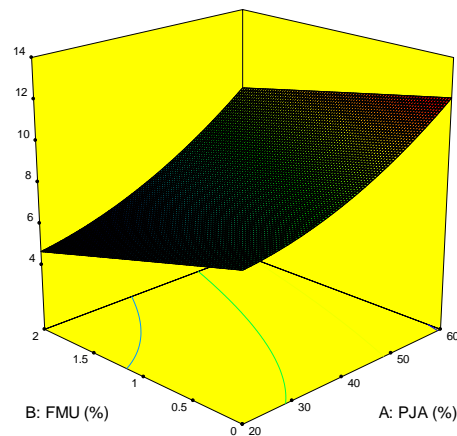
تأثیر پارامترهای فرمولاسیون پاستیل پفی عنب-سیب بر میزان سفتی بافت

در میان مدل‌های مورد بررسی توسط نرم افزار، داده‌های سفتی بافت به دلیل داشتن ضریب تبیین ۸۷ درصد با مدل خطی برازش گردید. صحت مدل انتخاب شده، توسط تحلیل جدول واریانس بررسی شد. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، آزمون عدم برازش برای متغیر مورد اندازه گیری سفتی بافت با ضریب اطمینان ۹۵ درصد معنی دار نبود که بیانگر مدل مناسب می‌باشد. ضریب تبیین به دست آمده برای سفتی بافت ۸۷ درصد بود که نشان می‌دهد داده‌ها به خوبی توسط مدل انتخابی برازش شده اند. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر درجه اول عنب-سیب ($P < 0/0001$) و صمغ دانه کتان ($P < 0/0001$) بر میزان سفتی بافت پاستیل معنی دار بودند. افزودن

عنب باعث افزایش سفتی بافت پاستیل شده است. در شکل ۲، اثر متقابل درصد عنب - سیب و صمغ دانه کتان بر داده‌های سفتی بافت پاستیل پفی رسم شده است. نتایج در شکل ۲ (الف)، قابل ملاحظه است که با افزایش درصد عنب در فرمولاسیون پوره عنب-سیب، در تمامی درصدهای پروتئین آب پنیر، سفتی بافت پاستیل به صورت خطی افزایش یافت. با توجه به معنی داری اثر خطی می‌توان روند افزایش خطی در شکل مشاهده کرد. در شکل ۲-ب، تأثیر غلظت صمغ - پروتئین بر داده‌های سفتی بافت پاستیل رسم شده است. با افزایش غلظت صمغ، سفتی بافت کاهش یافته است. شیب کاهشی در غلظت‌های بالا صمغ چشمگیرتر است بطوریکه در غلظت ۲ درصد کمترین میزان کشش سطحی را داشت.



ب



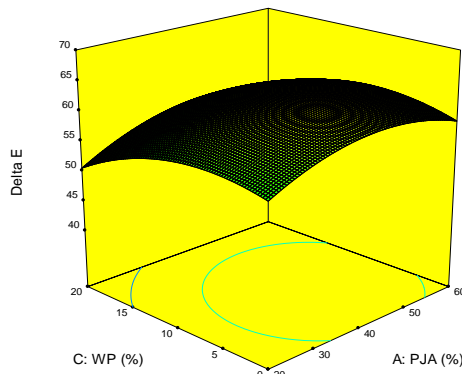
الف

شکل (۲) نمودار سطح پاسخ اثر متقابل (الف)، میزان عنب-سیب (درصد) و صمغ بذر کتان (درصد)؛ (ب) میزان عنب-سیب (درصد) و پروتئین آب پنیر بر سفتی بافت در پاستیل

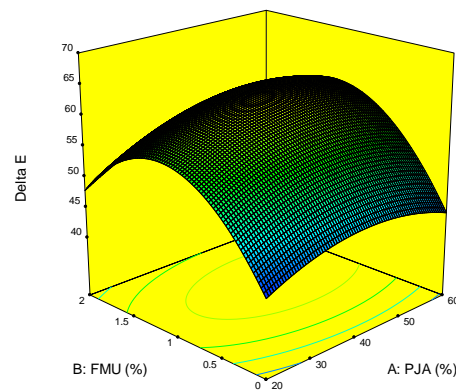
Figure (2) Response surface plots for interaction effects of (a), amount of jujube-apple (percentage) and flax seed gum (percentage); (b) The amount of jujube-apple (percentage) and whey protein on the firmness of the tissue in pastille

صمغ کتان تغییرات رنگی در ابتدا روند افزایشی و سپس کاهشی داشته است. خلیلیان و همکاران (۱۳۹۰) طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که افزایش درصد هیدروکلوئیدهای زانتان و پکتین در فرمولاسیون پاستیل طالبی، منجر به ایجاد روند افزایشی در پارامتر تغییرات رنگی می‌گردد. خزایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

تأثیر پارامترهای فرمولاسیون پاستیل پفی عناب-سیب بر تغییرات رنگی
 نتایج تغییرات رنگی نشان داد که اثرات مستقل صمغ بذرکتان، مجذور اثرات صمغ دانه کتان اثر معنی‌داری داشتند. ضریب تغییرات در محدوده قابل قبول (۰/۸۴) و آزمون ضعف برازش آن بی‌معنی ($P < 0/05$) می‌باشد که نشانگر مناسب بودن مدل ارائه شده است. با در نظر گرفتن معنی‌داری عبارت درجه دوم درصد صمغ کتان (جدول ۵) و با توجه به نمودار رویه پاسخ (شکل ۳، الف) مشاهده می‌گردد، که با افزایش میزان صمغ کتان، در تمامی درصدهای



ب



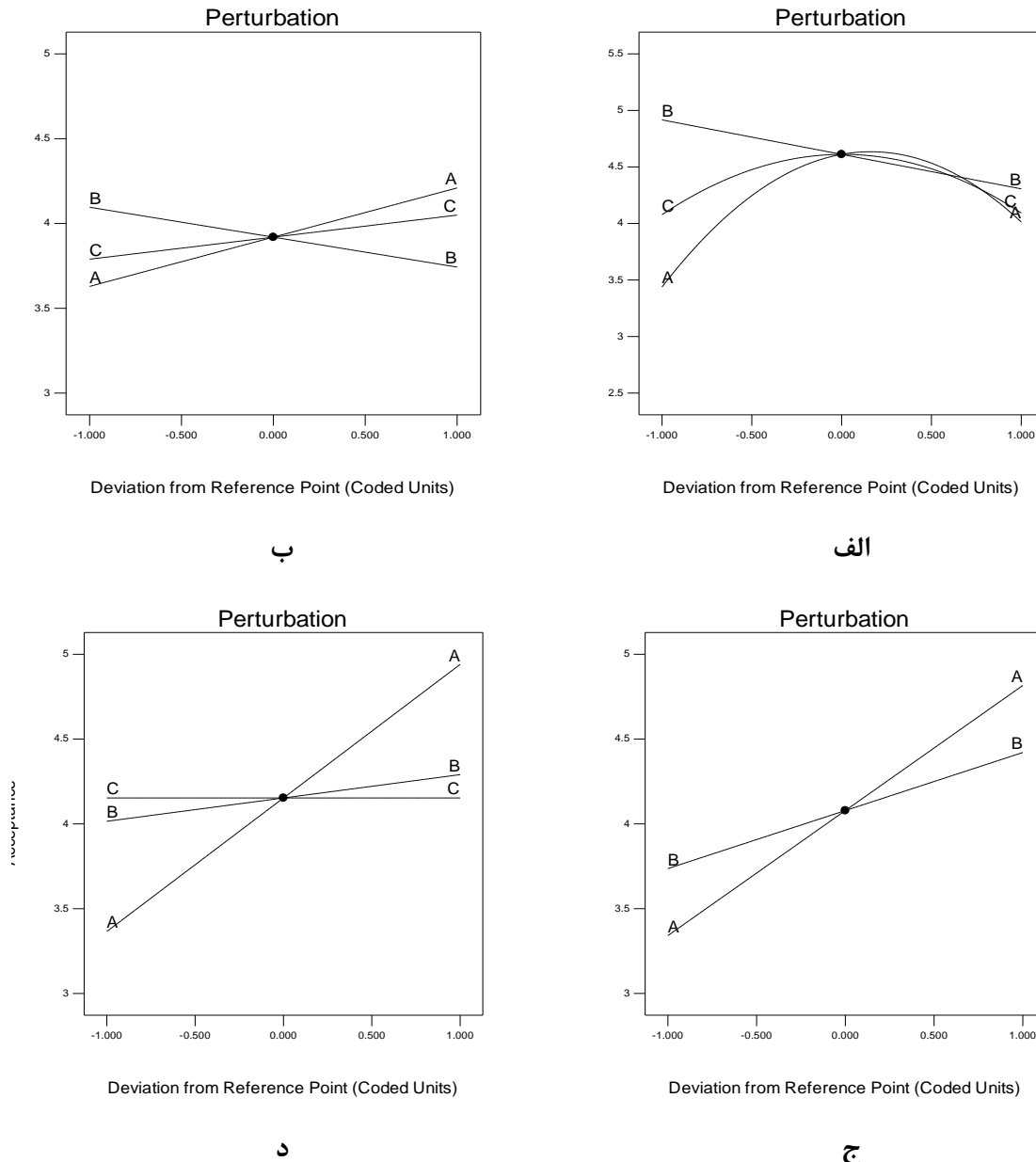
الف

شکل (۳)، نمودار سطح پاسخ اثر متقابل (الف)، میزان عناب-سیب (درصد) و صمغ بذرکتان (درصد)؛ (ب) میزان عناب-سیب (درصد) و پروتئین آب‌پنیر بر تغییرات رنگ در پاستیل

Figure (3), Response surface plots for interaction effects of (a), amount of jujube-apple (percentage) and flax seed gum (percentage); (b) The amount of jujube-apple (percentage) and whey protein on the color changes in pastille

افزایش صمغ امتیاز داوران کم شد (شکل ۵-ب) که می‌تواند به علت نرمی و چسبندگی بافت باشد. رنگ نمونه‌ها در غلظت‌های بالاتر درصد عناب-سیب و صمغ دانه کتان نمره داوری بیشتری اشته (شکل ۴-ج). مقایسه پذیرش کلی در بین تیمارها در شکل (د) آورده شده است. با افزایش درصد عناب-سیب درصد پذیرش کلی افزایش می‌یابد. در حالیکه افزایش درصد صمغ کتان و پروتئین آب‌پنیر تأثیر معنی‌داری بر افزایش پذیرش کلی نمونه‌ها نداشت.

نتایج آزمونهای حسی نمونه‌های پاستیل پفی عناب-سیب
 با توجه به نتایج شکل ۴ (الف) با افزایش پارامترهای مستقل (درصد عناب-سیب، درصد صمغ کتان، درصد پروتئین آب‌پنیر) داوران امتیاز بالاتری به طعم و مزه نمونه‌های پاستیل دادند که این امتیاز در غلظت‌های بالاتر پارامترهای مستقل روند کاهشی داشت. همچنین قابلیت جویدن نمونه‌ها با افزایش درصد عناب در پوره عناب-سیب و درصد پروتئین آب‌پنیر روند افزایشی داشت درحالی‌که با



شکل (۴) نمودار پرتشدگی بر ارزیابی حسی (الف)، طعم و مزه (درصد)؛ (ب) قابلیت جویدن؛ (ج) رنگ؛ (د) قابلیت پذیرش
 Figure (4) Perturbation chart based on sensory evaluation (a), taste; (b) chewability; (c) color; (d) acceptance

رنگی و ارزیابی حسی (پذیرش کلی) از طریق بهینه‌یابی عددی^{۴۷} و نموداری^{۴۸} نرم‌افزار تعیین شد. بیشینه نمودن قدرت نگهداری گاز، و ارزیابی حسی (پذیرش کلی) و کمینه نمودن؛ دانسیته کف، سفتی بافت و تغییرات رنگی، اهداف مورد نظر آزمایشات در تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نظر

بهینه‌یابی

شرایط عملیاتی بهینه برای فرمولاسیون پاستیل پفیعیاناب- سیب با استفاده از متغیرهای مستقل پوره عناب- سیب، صمغ بذر کتان و پروتئین آب پنیر بر روی پارامترهای قدرت نگهداری گاز، دانسیته کف، سفتی بافت، تغییرات

قرار گرفته و بدین گونه شرایط برای انجام فرآیند بهینه با استفاده از تابع مطلوبیت^{۴۹} به دست آمد. برای اطمینان از صحت شرایط، آزمایش در شرایط بهینه تکرار گردید و پاسخ‌های به دست آمده در جدول ۵ نشان داده شده است. عدم وجود تفاوت معنی دار مدل‌ها و مشاهدات تجربی، کارایی مدل‌ها را به خوبی اثبات می‌کند. شرایط بهینه فرمولاسیون پاستیل پفی با درصد عناب-سیب ۵۷:۴۳ درصد، صمغ بذر کتان ۲ درصد و پروتئین آب پنیر ۱۳ درصد حاصل شد. در شرایط بهینه قدرت نگهداری گاز، دانسیته کف، تغییرات رنگی، سفتی بافت و پذیرش کلی حاصله به ترتیب ۴۵/۵۵ درصد، ۰/۲۴۴ گرم بر میلی لیتر، ۹/۵۰، ۵۹/۱۱ نیوتن و ۴/۴۷ حاصل شد. برای اطمینان از صحت شرایط، آزمایش در شرایط بهینه تکرار گردید. عدم وجود تفاوت معنی دار مقادیر حاصل از مدل‌ها و مشاهدات تجربی، کارایی مدل را به خوبی اثبات می‌کند ($P < 0.05$) (جدول ۵).

جدول (۵) مقادیر مشاهده و پیش بینی شده مربوط به فرمولاسیون پاستیل پفی در شرایط بهینه تولید

Table (5) observed and predicted values related to the puffy pastille formulation in optimal production conditions

مقادیر مشاهده شده Observed value	مقادیر پیش بینی شده Predicted values	ویژگی Characteristic
0.23±46.32 ^a	45.55 ^a	قدرت نگهداری گاز (درصد) Gas retention power (%)
0.03±0.25 ^a	0.224 ^a	دانسیته کف (گرم بر میلی لیتر) foam density (g/ml)
2.13±51.34 ^a	50.11 ^a	تغییرات رنگی Color changes
0.09± 9.45 ^a	9.59 ^a	سفتی بافت (نیوتن) Firmness(N)
0.21±4.55 ^a	4.47 ^a	پذیرش کلی Acceptance

ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف (میانگین ± انحراف معیار) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (زمون دانکن، $P < 0.05$)
Means ± SD (standard deviation) within a column with the same lowercase letters are not significantly different at $P < 0.05$

ضعف برازش بی‌معنی و نیز ضرایب تغییرات پایینی بودند که نشان دهنده کارایی مدل‌های ارائه شده در پیش‌بینی پارامترهای مورد ارزیابی بود. با استفاده از این مدل‌ها از سویی می‌توان شرایط فرمولاسیون را تنظیم نمود و از طرفی می‌توان با توجه به شرایط مورد استفاده در فرمولاسیون،

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که روش آماری سطح پاسخ بر مبنای طرح باکس بنکن، ابزاری مفید در مدل‌سازی فرمولاسیون پاستیل پفی عناب-سیب بود. مدل‌های پیشنهادی، دارای مقادیر ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل شده بالا، آزمون

خصوصیات مورد نظر را پیش‌بینی و اصلاح نمود. نتایج نشان داد هوادهی در بافت پاستیل باعث افزایش نگهداری گاز گردید و دانسیته کاهش یافت. با افزایش درصد عناب - سیب، در تمامی درصدهای پروتئین آب‌پنیر، سفتی بافت پاستیل به صورت خطی افزایش یافت. افزایش میزان صمغ کتان، تغییرات رنگی در ابتدا روند افزایشی و سپس کاهش‌ی داشت. شرایط بهینه فرمولاسیون پاستیل پفی با درصد عناب- سیب ۵۷:۴۳ درصد، صمغ بذر کتان ۲ درصد و پروتئین آب‌پنیر ۱۳ درصد حاصل شد. در شرایط بهینه قدرت نگهداری گاز، دانسیته کف، تغییرات رنگی، سفتی بافت و پذیرش کلی حاصله به ترتیب ۴۵/۵۵ درصد، ۰/۲۴۴ گرم بر میلی‌لیتر، ۵۹/۱۱، ۹/۵۰ نیوتن و ۴/۴۷ بود.

منابع

- Abbastabar, B., Azizi, M. H., Adnani, A., & Abbasi, S. (2015). Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. *Food Hydrocolloids*, 43, 259-264.
- Addo, K. A., Bi, J., Chen, Q., Wu, X., Zhou, M., Lyu, J., & Song, J. (2019). Understanding the caking behavior of amorphous jujube powder by powder rheometer. *LWT*, 101, 483-490.
- Aguilera, J. M. (2005). Why food microstructure?. *Journal of food engineering*, 67(1-2), 3-11.
- Altan, A., McCarthy, K. L., & Maskan, M. (2009). Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 377-382.
- Amid, B. T., Mirhosseini, H., Poorazarang, H., & Mortazavi, S. A. (2013). Implications of partial conjugation of whey protein isolate to durian seed gum through maillard reactions: foaming properties, water holding capacity and interfacial activity. *Molecules*, 18(12), 15110-15125.
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis, 16th ed., methods No. 976.06, Washington, DC.
- Azarpazhoo, E., and Mokhtarian, A. (2007). Investigation the effect of harvesting time and drying methods and packaging in jojoba in Iran. *Pajouhesh and Sazandegi*. 74, 193-199. (in Farsi)
- Basiri, S., & Shahidi, F. (2017). Investigation on the effects of different amounts of gellatin and guar on texture, organoleptic and color properties of white mulberry pastille. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 13(1).
- Bertrand, M. E., & Turgeon, S. L. (2007). Improved gelling properties of whey protein isolate by addition of xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 21(2), 159-166.
- Boland, A. B., Delahunty, C. M., & van Ruth, S. M. (2006). Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food chemistry*, 96(3), 452-460.
- Bryant, C. M., & McClements, D. J. (1998). Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey. *Trends in Food Science & Technology*, 9(4), 143-151.
- Chandrasekar, V., Martín-González, M. S., Hirst, P., & Ballard, T. S. (2015). Optimizing Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Antioxidants from Red Delicious and Jonathan Apple Pomace. *Journal of Food Process Engineering*, 38(6), 571-582.
- Chen, H. H., Xu, S. Y., & Wang, Z. (2006). Gelation properties of flaxseed gum. *Journal of food engineering*, 77(2), 295-303.
- Schwartzberg, H. G., & Hartel, R. W. (Eds.). (1992). *Physical chemistry of foods*. CRC Press.

- DeMars, L. L., & Ziegler, G. R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food hydrocolloids*, 15(4-6), 643-653.
- Dickinson, E. (1995). Emulsion stabilization by polysaccharides and protein-polysaccharide complexes. *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker-*, 501-501.
- Fallahi, J., & Aghvani Shajari, M., (2010). A review of the composition of jujube in traditional and modern medicine. National Conference on Medicinal Plants. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., ... & Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food chemistry*, 277, 238-245.
- Fengxia, S., Dishun, Z., & Zhanming, Z. (2001). Determination of oil color by image analysis. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(7), 749-752.
- Foegeding, E. A., Davis, J. P., Doucet, D., & McGuffey, M. K. (2002). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 13(5), 151-159.
- Garti, N., Madar, Z., Aserin, A., & Sternheim, B. (1997). Fenugreek galactomannans as food emulsifiers. *LWT-Food Science and Technology*, 30(3), 305-311.
- 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. *European Food Research and Technology*, 223, 83-90.
- Ji, X., Liu, F., Ullah, N., & Wang, M. (2018). Isolation, purification, and antioxidant activities of polysaccharides from *Ziziphus Jujuba* cv. Muzao. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1-11.
- Khalilian, S., Shahidi, F., Elahi, M., Mehebbi, M., Sarmad, M., & Nejad, M. R. (2011). The effect of different concentrations of pectin and xanthan gum on sensory properties and water activity of the fruit pastille based on Cantaloupe puree. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 7(3), 200-210. [In Persian]
- Khazaei Pool, A., Shahidi, F., Mortazavi, A., & Mohebbi, M. (1394). Investigation of the effect of different levels of spirulina microalgae and agar hydrocolloids (*Spirulina platensis*) Platensis and guar on water activity, texture, color parameters and general acceptance of fruit pastilles based on kiwi puree. *Journal of Food Science and Technology*, 48 (12), 47-59. [In Persian]
- Mercade-Prieto, R., & Gunasekaran, S. (2016). 10 Gelation and Thickening with Globular Proteins at Low Temperatures. *Novel Food Processing: Effects on Rheological and Functional Properties*, 46, 147.
- Mohammadi, a. a. e., and abbasi, s. (2017). Evaluation of the possibility of low-calorie gummy candy production using inulin and stevioside.
- Moyls, A. L. (1981). Drying of apple purees. *Journal of Food science*, 46(3), 939-942.
- Palzer, S. (2009). Food structures for nutrition, health and wellness. *Trends in Food Science & Technology*, 20(5), 194-200.
- Perez, A. A., Carrara, C. R., Sánchez, C. C., Santiago, L. G., & Rodríguez Patino, J. M. (2010). Interfacial and foaming characteristics of milk whey protein and polysaccharide mixed systems. *AIChE journal*, 56(4), 1107-1117.

- Pouzot, M., Nicolai, T., Durand, D., & Benyahia, L. (2004). Structure factor and elasticity of a heat-set globular protein gel. *Macromolecules*, 37(2), 614-620.
- Rafe, A., & Razavi, S. M. (2013). Dynamic viscoelastic study on the gelation of basil seed gum. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(3), 556-563.
- Ruiz, N. A. Q., Demarchi, S. M., Massolo, J. F., Rodoni, L. M., & Giner, S. A. (2012). Evaluation of quality during storage of apple leather. *LWT*, 47(2), 485-492.
- Sacchetti, G., Cocci, E., Pinnavaia, G., Mastrocola, D., & Rosa, M. D. (2008). Influence of processing and storage on the antioxidant activity of apple derivatives. *International journal of food science & technology*, 43(5), 797-804.
- Samy, D., Deka, S. C., & Das, A. B. (2021). Physicochemical and phytochemical properties of foam mat dried passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) powder and comparison with fruit pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 787-796.
- Sankat, C. K., & Castaigne, F. (2004). Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *LWT-Food Science and Technology*, 37(5), 517-525.
- Santillán-Moreno, A., Martínez-Bustos, F., Castaño-Tostado, E., & Amaya-Llano, S. L. (2011). Physicochemical characterization of extruded blends of corn starch–whey protein concentrate–Agave tequilana fiber. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 797-808.
- Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., & León, A. E. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 306-313.
- Sharafi, S., Yousefi, S., & Faraji, A. (2017). Developing an innovative textural structure for semi-volume breads based on interaction of spray-dried yogurt powder and jujube polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 992-1002.
- Shepherd, R., Robertson, A., & Ofman, D. (2000). Dairy glycoconjugate emulsifiers: Casein–maltodextrins. *Food Hydrocolloids*, 14(4), 281-286.
- Singthong, J., Ningsanond, S., & Cui, S. W. (2009). Extraction and physicochemical characterisation of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. *Food Chemistry*, 114(4), 1301-1307.
- Tee, Y. B., Wong, J., Tan, M. C., & Talib, R. A. (2016). Development of edible film from flaxseed mucilage. *BioResources*, 11(4), 10286-10295.
- Thakur, G., Mitra, A., Pal, K., & Rousseau, D. (2009). Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients. *International journal of food sciences and nutrition*, 60(sup6), 126-136.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2008). Drying characteristics and quality of banana foam mat. *Journal of food engineering*, 86(4), 573-583.
- Torley, P. J., Bhandari, B. R., & Halley, P. J. (2006, February). Composition-rheology–property relationships of commercial fruit leathers. In *4th International Symposium on Food Rheology and Structure* (pp. 20-23).
- Valenzuela, C., & Aguilera, J. M. (2013). Aerated apple leathers: effect of microstructure on drying and mechanical properties. *Drying Technology*, 31(16), 1951-1959.

- Van den Berg, L., Rosenberg, Y., Van Boekel, M. A., Rosenberg, M., & Van de Velde, F. (2009). Microstructural features of composite whey protein/polysaccharide gels characterized at different length scales. *Food Hydrocolloids*, 23(5), 1288-1298.
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., ... & Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food chemistry*, 132(1), 51-59.
- Weinbreck, F., De Vries, R., Schrooyen, P., & De Kruif, C. G. (2003). Complex coacervation of whey proteins and gum arabic. *Biomacromolecules*, 4(2), 293-303.
- Wu, M., Li, D., Wang, L. J., Zhou, Y. G., & Mao, Z. H. (2010). Rheological property of extruded and enzyme treated flaxseed mucilage. *Carbohydrate Polymers*, 80(2), 460-466.
- Yadav, D. N., Anand, T., Navnidhi, & Singh, A. K. (2014). Co-extrusion of pearl millet-whey protein concentrate for expanded snacks. *International journal of food science & technology*, 49(3), 840-846.
- Yagcı, S., & Gogus, F. (2009). Selected physical properties of expanded extrudates from the blends of hazelnut flour-durum clear flour-rice. *International journal of food properties*, 12(2), 405-413.
- Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y., & Ren, F. (2010). Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China. *Food and chemical toxicology*, 48(6), 1461-1465.
- Zhao, Z., Liu, M., & Tu, P. (2008). Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao). *European Food Research and Technology*, 226, 985-989.
- Ziolkowska, A. (2012). Laws of flaxseed mucilage extraction. *Food hydrocolloids*, 26(1), 197-204.
- Zúñiga, R. N., & Aguilera, J. M. (2008). Aerated food gels: fabrication and potential applications. *Trends in food science & technology*, 19(4), 176-187.

Effect of whey protein and flaxseed gum on physical and sensory properties Jujube-apple puree puffy pastille

Elham Azarpazhooh, Parvin Sharayei*, Hadi Zeraargar, Bita Beyzaie

* **Corresponding Author:** Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad.

Email: azarpazhooh@areeo.ir

Received: 22 June 2022 **Accepted:** 29 October 2022

http://doi: 10.22092/FOODER.2024.359116.1337

Abstract:

Fruit-based pastilles play a special role in the food culture of adolescents and young people, and their frequent and sufficient consumption has an effective role in achieving general health. In this study, functional pastille with a puffy texture was produced using the statistical method of central composite design. For this purpose, pastilles using jujube-apple puree as the main base of the formulation with percentages (20: 80, 40: 60: and 60:40 w/w of jujube-apple), flaxseed mucilage gum as a foam-forming amount (zero, 1, and 2%), whey protein concentrate as a source of protein and foam stabilizer (zero, 10 and 20%) were produced and tested using the response level method. The physical properties of the produced pastilles such as foam density, gas holding capacity, texture, color changes, and sensory evaluation were evaluated. In all cases, the quadratic model was able to fit the laboratory data appropriately. The results showed that the increase of gum in the pastille tissue increased the gas retention and decreased the density. With increasing the percentage of jujube-apple, in all percentages of whey protein, the firmness of the lozenge texture increased linearly. As the amount of flaxseed increased, the color changes first increased and then decreased. As the percentage of jujube-apple increases, the percentage of overall acceptance increases. While increasing the percentage of flax gum and whey protein had no significant effect on increasing the overall acceptance of samples. The optimal conditions for the formulation of puffy pastille were obtained with the percentage of jujube-apple 57:43%, flaxseed mucilage gum 2% and whey protein 13%. In optimal conditions, gas holding capacity, foam density, color changes, texture stiffness and overall acceptance were 45.55%, 0.244 g/ml, 50.11, 9.59 N and 4.47, respectively.

Keywords: Puffy pastille, Whey protein, Flaxseed, Jujube.

