



DOI: 10.22034/FR.2021.38561.1718

## بررسی امکان غنی‌سازی پاستیل با کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub>

شیمیا رهبری نژاد<sup>۱</sup>، شیلا برنجی<sup>۲</sup> و لیلا ناطقی<sup>۳\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۵

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

\*مسئول مکاتبه: Email: leylanateghi@yahoo.com

### چکیده

**مقدمه:** ویتامین D برای تنظیم جذب کلسیم و فسفر از رژیم غذایی و قراردگی آن‌ها در استخوان مورد نیاز می‌باشد. همچنین مصرف ناکافی کلسیم نیز می‌تواند منجر به نرمی استخوان در کودکان و دردهای استخوانی، ضعف عضلات و پوکی استخوان در بزرگسالان شود. **روش کار:** هدف کلی از این پژوهش بررسی امکان غنی‌سازی پاستیل با ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم بود. بنابراین ویتامین D<sub>3</sub> (با غلظت‌های ۱۰۰ IU / ۱۰۰ g و ۷۰، ۴۰) از نوع پودری و محلول در آب و کربنات کلسیم (۱۰۰۰ mg/۱۰۰g و ۷۵۰، ۵۰۰) به فرمولاسیون پاستیل اضافه گردید. آزمون‌های شیمیایی (میزان بریکس، اسیدیته و خاکستر) و خواص بافتی (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) در روز اول و آزمون‌های میزان پایداری کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> و ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) طی ۶۰ روز نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. **نتایج:** استفاده از غلظت‌های مختلف کلسیم اثر معنی‌داری بر افزایش میزان بریکس، خاکستر، اسیدیته، خواص بافتی و کاهش ویژگی‌های حسی رنگ، طعم پاستیل داشت. استفاده از غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های شیمیایی، حسی، خواص بافتی در مقایسه با نمونه شاهد نداشت ( $p > 0.05$ ) و طی دوره نگهداری نیز کاهش معنی‌داری نشان نداد. **نتیجه گیری:** مطابق با نتایج این تحقیق می‌توان از کلسیم به میزان ۱۰۰۰ mg/100g و ویتامین D<sub>3</sub> به میزان ۱۰۰ IU/100mg در فرمولاسیون پاستیل استفاده نمود بدون اینکه اثر نامطلوب بر خواص حسی (پذیرش کلی) داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** پاستیل، فراسودمند، کلسیم، ویتامین D<sub>3</sub>

### مقدمه

(کلارک و پیچ ۲۰۱۲؛ پیارک و چیتام ۲۰۱۰). عامل اصلی این بیماری شامل کمبود ویتامین D و یا کلسیم خوراکی می‌باشد (بیشاپ ۱۹۹۹). مطالعات گسترده نشان داده است که دریافت بالای کلسیم رژیمی با کاهش خطر پوکی استخوان، فشار خون بالا، سرطان روده بزرگ و

در سال‌های اخیر دریافت کافی ویتامین D به مسئله‌ای مهم و اساسی تبدیل شده است که عامل آن رشد شدید ابتلا به بیماری نرمی استخوان در دنیا بوده است

سنگ‌های کلیوی ارتباط دارد (ساینگ و موتوکومارپان ۲۰۰۸).

عوامل مختلفی در انتخاب منبع مناسب برای غنی‌سازی مؤثرند. کاربرد برخی نمک‌ها ممکن است اثرات منفی بر مزه، طعم، پایداری و بافت فرآورده نهایی داشته باشد. قابلیت انحلال، دسترسی حیاتی، طعم و مزه، میزان کلسیم و ملاحظات اقتصادی از جمله عواملی هستند که در انتخاب نمک باید مد نظر قرار گیرند. اطمینان از کفایت و کیفیت محصولات غذایی غنی شده از زمان تولید تا زمان مصرف، مهم‌ترین و بحرانی‌ترین بخش هر برنامه غذایی به شمار می‌آید. بدیهی است که تعیین شرایط غنی‌سازی و نیز انتخاب نمک یا نمک‌های مناسب برای غنی‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار است (گرشتر ۲۰۰۱؛ قربانی و همکاران ۱۳۸۸).

استفاده از مکمل‌ها برای بالا بردن ارزش غذایی عموماً به دو صورت مورد توجه قرار می‌گیرد: اول: غنی‌سازی<sup>۱</sup> که شامل افزودن مواد مغذی به غذایی است که به طور طبیعی حاوی آن ماده مغذی نیست و دوم: جبران‌سازی<sup>۲</sup> در مواردی که غذای مورد نظر در مراحل تولید، ماده مغذی مورد نظر را از دست می‌دهد و برای جبران آن این ماده افزوده می‌شود. در هر حال هدف از هر دو مورد افزایش ارزش تغذیه‌ای ترکیبات غذایی موجود در رژیم غذایی می‌باشد (بایورن فند و لچنس ۱۹۹۱).

کلسیم موجود در پوسته زمین به لحاظ فراوانی، بین کلیه عناصر دارای مقام پنجم و در میان فلزات دارای مقام سوم است. بدن انسان تقریباً یک کیلوگرم کلسیم دارد. البته در افراد مختلف با استخوان‌بندی متفاوت این میزان متفاوت است. بیشتر کلسیم در استخوان‌ها و دندان‌ها وجود دارد و کمبود آن موجب پوکی استخوان می‌شود. تنها ۱٪ آن در بقیه بدن موجود است که همین ۱٪ اعمال زیادی انجام می‌دهد. مثلاً انقباض ماهیچه‌های ما بسته به وجود کلسیم است (کاپوشیک و آروور ۲۰۱۷). جذب آن در خون به صورت یون کلسیم و از دیواره

روده صورت می‌گیرد. عامل افزایش جذب کلسیم ویتامین D است، به همین دلیل قرص‌های مکمل کلسیم معمولاً دارای ویتامین D نیز می‌باشد؛ بنابراین اگر منابعی را که دارای این دو ماده است مصرف کنید کلسیم موجود در آن‌ها بهتر جذب می‌شود. دریافت کلسیم کافی، آثار مثبتی در کاهش فشار خون افراد مبتلا به فشار خون دارد. تنظیم میزان کلسیم بدن، برعهده هورمون‌هایی است که از غده تیروئید ترشح می‌شوند (لایو و همکاران ۲۰۰۰). عوارض کمبود کلسیم در کودکان بیماری راشیتیسم، در میانسالان استئومالاسی و در بزرگسالان استئوپروز است. این بیماری‌ها در اثر کمبود ویتامین D بروز می‌کنند، پس اگر خواستار استخوان‌های محکمی هستید، بهتر است مراقب مصرف ویتامین D هم باشید. میزان مورد نیاز کلسیم روزانه ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌گرم است. برای جلوگیری از ابتلاء به استئوپروز، باید دریافت کلسیم و ویتامین D در حد استاندارد باشد (والنسیا و همکاران ۲۰۱۳).

ویتامین D یک ویتامین محلول در چربی است و دارای دو شکل کلی است: D<sub>2</sub> و D<sub>3</sub>. ویتامین D<sub>2</sub> (ارگوکلسیفرول) از غذا نشأت می‌گیرد و شکل D<sub>3</sub> (کولی کلسیفرول) در پوست و در اثر تابش خورشیدی تولید می‌شود. هر دو شکل در کبد به ۲۵- هیدروکسی ویتامین D هیدروکسیله می‌شوند (پاپاندرئو و همکاران ۲۰۰۹). در صورت محدود شدن تابش خورشید به پوست، برای فراهم شدن مقدار دریافت کافی، وابستگی افزایش یافته‌ای به منابع خوراکی از قبیل کبد و روغن ماهی‌هایی همچون سالمون، ماکرل و ساردین به وجود می‌آید (وب و همکاران ۲۰۱۰؛ اوکونور و بنلام ۲۰۱۱). ویتامین D برای تنظیم جذب کلسیم و فسفر از رژیم غذایی و قراردعی آن‌ها در استخوان مورد نیاز می‌باشد (براگر و همکاران ۲۰۱۳).

تنقلات شبه‌ژل مانند پاستیل‌ها و ژله‌ها از یک عامل ژل‌کننده افزوده شده به شربت قندی با محتوی رطوبت

<sup>2</sup> Enrichment

<sup>1</sup> Fortification

همکاران در سال (۲۰۰۱) اثر افزودن کلسیم روی کاهش جذب کره کاکائو و در نتیجه کاهش مقدار انرژی بدست آمده از شکلات؛ والزیسیا و همکاران در سال (۲۰۱۳) اثر افزودن کلسیم روی خصوصیات کیفی آبنبات‌های نرم تولید شده از میوه انگور قهوه‌ای و بدون ساکارز را با مقایسه آن با آبنبات‌های مشابه بدون کلسیم؛ اسکایت و همکاران در سال (۲۰۱۶) غنی‌سازی محصولات لبنی با ویتامین D<sub>3</sub>؛ کایوشیک و آرور در سال (۲۰۱۷) اثر غنی‌سازی ماست با کلسیم و ویتامین D<sub>2</sub> را بر ویژگی‌های میکروبی، رئولوژیکی و حسی؛ و امجدی و همکاران در سال (۲۰۱۸) از پاستیل به عنوان مدل غذایی در بررسی بارگذاری بتانین در نانوحامل‌های لیپوزومی روی پایداری بتانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن، را بررسی نمودند.

با توجه به تحقیقات انجام شده، افزودن ویتامین D به مواد غذایی و به ویژه مواد غذایی مورد توجه کودکان امری ضروری می‌باشد. در بین تنقلات مورد توجه کودکان پاستیل در خور توجه است. بنابراین در این مطالعه سعی شده است که ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم در فرمولاسیون پاستیل اضافه شود و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی آن بررسی شود.

#### مواد و روش‌ها

ژلاتین گرانولی نوع B (بلوم ۲۶۰-۲۴۰) از شرکت فرآورده‌های دارویی ژلاتین حلال قزوین، گلوکز مایع و پودر دکستروز تک آبه از شرکت دکستروز ایران، شکر از شرکت گلستان ایران، رنگ آلبالویی و اسانس آلبالو از سوپرمارکت‌های محلی، پودر ویتامین D<sub>3</sub> انحلال‌پذیر در آب (Dry-water dispersible vitamin D<sub>3</sub>) (کد محصول ۵۰۱۵۵۱)، کربنات کلسیم (کد محصول ۱۰۲۳۷۸) و اسید سیتریک (کد محصول ۹۶۳۴۵۴۷) از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

نسبی بالا تشکیل می‌شوند (جفری ۲۰۰۱). گستره‌ای از عوامل ژل‌کننده پلی‌ساکاریدی و پروتئینی می‌توانند در تولید ژل‌های قنادی مورد استفاده قرار گیرند که شامل ژلاتین، آگار، نشاسته، پکتین، آلژینات و صمغ‌ها می‌شود (لیس ۱۹۸۰). پاستیل یا آبنبات ژله‌ای نوعی شیرینی کوچک و لاستیکی مانند هستند. انواع اصلی و قدیمی پاستیل‌ها از شکر، شربت گلوکز، طعم دهنده‌ها، رنگ‌های خوراکی و ژلاتین ساخته شده‌اند. استفاده از ژلاتین در ساخت و تولید پاستیل باعث می‌شود که به پاستیل حالت ژله‌ای بدهد و هنگام خوردن در دهان آب شود و باعث چسبناک شدن آن شود (استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲، ۱۳۹۵).

طبق توصیه‌های سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد<sup>۱</sup> (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO)، متوسط نیاز هر فرد به کلسیم ۱۰۰۰ mg/100g به طور روزانه می‌باشد. انسیتیتیوی پزشکی (۱۹۹۷) حداقل میزان روزانه برای ویتامین D<sub>3</sub> را ۱۰۰ تا ۴۰ Iu/g گزارش کرده است. همچنین دپارتمان سلامتی بریتانیا مصرف مکمل‌های ویتامین D<sub>3</sub> را برای همه کودکان توصیه می‌کند (دپارتمان سلامتی، ۲۰۰۹).

خزایی پول و همکاران در سال (۱۳۹۵) سطوح مختلف ریز جالبک اسپیرولینا پلاننتیس<sup>۲</sup> بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی پاستیل کیوی؛ اکبرآبادی و عباسی در سال (۱۳۹۶) امکان تولید پاستیل‌های کم کالری و فراسودمند با استفاده از ژلاتین، انواع اینولین بلند و کوتاه زنجیر و استویوزید (به جای شکر)، کریمی و حسینی در سال (۱۳۹۷) اثر جایگزینی پودر کدوخلوایی به جای ژلاتین در نسبت‌های مختلف در فرمولاسیون ژله؛ مجاوریان و همکاران در سال (۱۳۹۷) بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل زنجیلی بر پایه ژلاتین پای مرغ و کنسانتره انگور؛ شاه خلیلی و

<sup>۲</sup>Spirulina platensis

<sup>۱</sup> Food and Agriculture Organization

<sup>۲</sup> World Health Organization

## روش تهیه نمونه‌های پاستیل

برای تولید پاستیل ابتدا ۶ گرم ژلاتین با بلوم ۲۶۰ در آب مقطر (دو برابر وزن ژلاتین) با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در ۱۲ گرم آب حل شد. برای خروج حباب‌های هوا و شفاف‌سازی محلول، مخلوط حاصل در حمام آب گرم (۷۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد (عباسی و همکاران ۲۰۱۱). همزمان شربت قندی (حرارت دادن گلوکز مایع ۳۵ گرم)، شکر (۳۵ گرم) در ۲۰ میلی لیتر آب و رساندن به بریکس ۷۷-۷۸) تهیه گردید و بعد از کاهش دما، به محلول ژلاتینی افزوده شده و مخلوط حاصل درون حمام آب گرم (۷۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و برای رسیدن به  $\text{pH} = 3/25$ ، اسید سیتریک (۱/۵ گرم)، رنگ آلبالویی (۰/۰۳ گرم) و اسانس آلبالو (۰/۰۷ گرم) به همراه عوامل غنی‌کننده ویتامین  $D_3$  (۱۰۰ IU / ۱۰۰ g) و ۷۰، ۴۰) و کلسیم (۱۰۰۰ mg / ۱۰۰ g و ۷۵۰، ۵۰۰) اضافه شده و به آرامی مخلوط شد تا از ورود حباب‌های هوا جلوگیری شود. از نمونه بدون کلسیم و ویتامین  $D_3$  نیز به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. لازم به ذکر است که ویتامین  $D_3$  مورد استفاده در این مطالعه از نوع پودری و محلول در آب بود. گانسن و همکاران در سال ۲۰۱۱ پس از مقایسه روش‌های مختلف (به صورت پودری، در روغن و در شکل امولسیون) غنی‌سازی پنیر چدار بوسیله ویتامین  $D_3$  به این نتیجه رسیدند که بهترین روش با بیشترین بازدهی شامل استفاده از پودر ویتامین  $D_3$  می‌باشد. از نمونه بدون کلسیم و ویتامین  $D_3$  نیز به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. پس از اختلاط، محلول ژلاتینی-قندی درون قالب با ابعاد  $3 \times 5 \times 4$  میلی متر ریخته شده و پس از قرارگیری به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار گرفت و سپس از قالب خارج گشت (دمارس و زیگلر ۲۰۰۱).

۱۰ تیمار به همراه تیمار شاهد به مدت ۶۰ روز نگهداری گردیدند. آزمون‌های شیمیایی (میزان بریکس، اسیدیته و خاکستر) و خواص بافتی (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) در روز اول مورد ارزیابی قرار گرفتند و آزمون‌های میزان پایداری کلسیم، میزان پایداری ویتامین  $D_3$  و ویژگی‌های حسی (رنگ، مزه و بو، بافت و پذیرش کلی) در فاصله زمانی روز اول تولید، ۳۰ و ۶۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند.

## آزمون‌های فیزیکی شیمیایی

- اندازه‌گیری میزان بریکس، میزان خاکستر و میزان اسیدیته: مطابق با روش‌های ذکر شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۲ (استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲، ۱۳۹۵) انجام گردید.

- اندازه‌گیری میزان ویتامین  $D_3$ : جهت اندازه‌گیری ویتامین  $D_3$  مقدار ۱۵ گرم از نمونه رقیق شده با ۲۰ میلی لیتر آب هموژن شد. نمونه هموژن شده با ۳۵ میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم و ۲ میلی لیتر محلول اتانولی به یک فلاسک ۱۲۵ میلی لیتری انتقال داده شد و به آرامی همزده شد و برای حذف اکسیژن با نیتروژن ترکیب شد. به منظور صابونی کردن مخلوط درب فلاسک به خوبی بسته شد و در حمام آب  $70^\circ\text{C}$  برای ۳۰ دقیقه قرار داده شد و گاهی هم همزده شد. نمونه صابونی شده در حمام آب یخ برای ۱۵ دقیقه قرار داده شد و خنک شد. سپس مخلوط در ترکیب اتانول و اتر به نسبت‌های ۱۰:۹۰ قرار داده شد. سپس اتر با استفاده از بخار نیتروژن در دمای  $40^\circ\text{C}$  تبخیر شد. باقیمانده مواد در ۳ میلی لیتر هگزان حل شدند و روی ستون استخراج فاز جامد (SPE) خالص شدند. ستون استخراج فاز جامد به صورت پیوسته با ۲ میلی لیتر هگزان، ۲ میلی لیتر مخلوط ترکیبی از کلروفرم:هگزان (۷/۷:۲۲) و ۲ میلی لیتر متانول شسته شد. متانول شسته‌شده جمع حاوی ویتامین  $D_3$  بود. محلول حاوی ویتامین  $D_3$  جمع آوری شد و با بخار  $40^\circ\text{C}$  نیتروژن خشک شد. مواد

که در آن  $W$  کسر جرمی یون که بر حسب میلی گرم بر گرم نمونه،  $C$  غلظت یون بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در محلول نمونه از نمودار کالیبراسیون،  $V$  حجم بالن بر حسب میلی لیتر (در روش خاکسترگیری ۲۵۰ میلی لیتر)،  $m$  جرم نمونه،  $f_1$  فاکتور رقت محلول در طی مرحله آماده‌سازی و  $f_2$  فاکتور رقت محلول در طی مرحله اندازه‌گیری می باشد.

آ-نالیز پرو فایل بافت (Texture profile analysis): از دستگاه آنالیز کننده بافت مدل QTS25 CNS Farnell ساخت کشور انگلستان استفاده شد. نمونه‌ها در قطعات  $15 \times 15 \times 15$  میلی‌متری برش داده شده و در دمای محیط قرار گرفت. میزان بارگذاری دستگاه روی ۵ کیلوگرم (۵۰ نیوتون) تنظیم شد. سپس هر یک از نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی توسط پروب سیلندری به قطر ۳۵ میلی متر و سرعت حرکت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه تا ۷۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شده و سپس فشارزدایی شد (تاکاهاشی و همکاران ۲۰۰۹) و ویژگی‌های بافتی شامل سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن مورد بررسی قرار گرفت.

**ارزیابی خصوصیات حسی:** ارزیابی خصوصیات حسی به روش هدونیک پنج نقطه‌ای انجام گردید. ابتدا نمونه‌ها کدگذاری شده و در اختیار ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده قرار گرفت. ارزیابها نمونه‌ها را از نظر رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی بین امتیازهای ۱ تا ۵ (امتیاز ۱ بسیار بد و امتیاز ۵ بسیار خوب) امتیازدهی کردند (حسن زاده و همکاران ۱۳۹۱).

باقی‌مانده در ۱ میلی لیتر استونیتریل حل شد و توسط یک فیلتر سرنگی ۰/۴۵ نانومتر فیلتر شد. میزان ویتامین D<sub>3</sub> با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) (Agilent 1260, USA) که به یک پمپ چهارگوش و نمونه‌گیر خود کار، انژکتور خلاء و یک آشکارساز با آرایه دوقطبی (G1315D) در طول موج ۲۵۴ نانومتر مجهز شده بود اندازه‌گیری شد. جداسازی توسط یک ستون C18 فاز معکوس ( $4/6 \text{ mm} \times 250$ ، اندازه ذرات  $5 \mu\text{m}$ ، قطر منافذ  $300 \text{ \AA}$ ) انجام شد. فاز متحرک سیستم HPLC، استونیتریل: متانول ( $7/70/3$ ) با سرعت جریان ۱/۵ میلی لیتر در دقیقه بود. حجم تزریق نمونه  $100 \mu\text{l}$  بود (جعفری و همکاران ۲۰۱۶).

**اندازه گیری کلسیم:** از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی، پس از بدست آوردن خاکستر نمونه، جهت آماده سازی نمونه، ابتدا تمامی ظروف با اسید نیتریک  $1/3$  ( $7/7$ ) و سپس با آب دیونیزه شستشو داده شد. سپس محتویات خاکستر را در ۱ میلی لیتر اسید نیتریک داخل بالن ۲۵۰ cc توسط شستشو با آب به حجم رسانده شد. همزمان با تهیه نمونه جهت اندازه‌گیری یون کلسیم، نمونه شاهد با همان روش و همان میزان مواد و واکنشگرهای افزوده شده انجام گردید. جهت اندازه‌گیری یون کلسیم بعد از کالیبراسیون دستگاه طبق دستورالعمل کارخانه سازنده، از مشعل هوا-ستیلن و طول موج  $422/7$  نانومتر، استفاده گردید. مقادیر جذب محلول نمونه و نمونه شاهد را بلافاصله پس از کالیبره کردن دستگاه، تحت شرایط یون کلسیم انجام و مقدار یون از رابطه ۱ محاسبه گردید (استاندارد ملی شماره ۱۳۸۷، ۱۰۷۸۰).

رابطه ۱:

$$C = \frac{f_1 \times f_2 \times V \times W}{1000 \times m}$$

## جدول ۱- تیمارهای تحقیق

Table 1- treatments of research

Calcium (mg/100g)	Vitamin D3 (Iu/100g)	Treatments
0	0	T <sub>1</sub>
500	40	T <sub>2</sub>
750	40	T <sub>3</sub>
1000	40	T <sub>4</sub>
500	70	T <sub>5</sub>
750	70	T <sub>6</sub>
1000	70	T <sub>7</sub>
500	100	T <sub>8</sub>
750	100	T <sub>9</sub>
1000	100	T <sub>10</sub>

روش تجزیه و تحلیل آماری: طراحی تیمارها مطابق با طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل صورت گرفت. بنابراین ۱۰ تیمار (جدول ۱) طراحی گردید. نتایج آزمون‌ها به وسیله آنالیز واریانس یک طرفه دانکن در سطح ۹۵٪ اطمینان نرم افزار مینی تب ۱۶ تجزیه و تحلیل شد.

## نتایج و بحث

## بررسی نتایج حاصل از تغییرات میزان بریکس در روز اول نگهداری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۲ مشخص گردید استفاده از درصدهای مختلف کلسیم تاثیر معنی دار ( $p < 0/05$ ) بر تغییرات بریکس تیمارهای پاستیل داشت، بنابراین بین میزان بریکس تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی دار ( $p < 0/05$ ) مشاهده گردید. نتایج نشان داد با افزایش میزان کربنات کلسیم در تیمارها میزان بریکس به صورت معنی داری ( $p < 0/05$ ) افزایش یافت تصور می‌شود. بیشترین میزان بریکس در تیمارهای حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم یعنی تیمار ۴ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و IU/100g ۷۰ ویتامین D3)، تیمار ۷ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و IU/100g ۷۰ ویتامین D3) و تیمار ۱۰

(حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و IU/100g ۱۰۰ ویتامین D3) و کمترین میزان بریکس در تیمار شاهد (بدون کلسیم و ویتامین D3) مشاهده شد که این می‌تواند به دلیل افزایش مواد جامد محلول در تیمارها با افزایش میزان کربنات کلسیم باشد.

در تایید نتایج تحقیق حاضر، مجاوریان و همکاران (۱۳۹۷) در بهینه سازی فرمولا سیون پاستیل زنجبیلی بر پایه ژلاتین پای مرغ و کنسانتره انگور بیان نمودند که افزایش میزان کنسانتره انگور و ژلاتین اثر معنی داری بر افزایش میزان بریکس پاستیل داشته است. همچنین فیوضی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند با افزایش میزان ژلاتین و زانتان در فرآورده ژله‌ای خرما (با نسبت های ثابت آب پنیر)، بریکس افزایش یافت. مطابق با نتایج ویتامین D<sub>3</sub> و افزایش غلظت آن اثر معنی داری بر تغییرات بریکس تیمارها نداشت. قابل ذکر است که مقدار بریکس در تحقیق حاضر در تمامی تیمارها از حد کمینه در نظر گرفته شده توسط استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۲ (۸۰ درصد) بالاتر بود (استاندارد ملی شماره ۸۸۹۸، ۱۳۸۵).

جدول ۲- تغییرات فیزیوشیمیایی (میزان بریکس، خاکستر و اسیدیته) پاستیل غنی شده حاوی غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم در روز اول نگهداری

Table 2- Physicochemical changes (amount of brix, ash and acidity of fortified pastille containing different concentrations of vitamin D<sub>3</sub> and calcium on the first day of storage

Treatments	Physicochemical changes		
	Brix	Ash (%)	Acidity (% Citric acid)
T <sub>1</sub>	86.625±0.106 <sup>d</sup>	0.205±0.049 <sup>d</sup>	1.305±0.049 <sup>d</sup>
T <sub>2</sub>	87.670±0.035 <sup>c</sup>	0.900±0.042 <sup>c</sup>	1.845±0.035 <sup>c</sup>
T <sub>3</sub>	88.275±0.035 <sup>b</sup>	1.265±0.063 <sup>b</sup>	2.365±0.021 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub>	88.775±0.106 <sup>a</sup>	1.545±0.035 <sup>a</sup>	2.755±0.021 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	87.700±0.070 <sup>c</sup>	0.885±0.077 <sup>c</sup>	1.845±0.063 <sup>c</sup>
T <sub>6</sub>	88.250±0.000 <sup>b</sup>	1.240±0.056 <sup>b</sup>	2.350±0.028 <sup>b</sup>
T <sub>7</sub>	88.800±0.070 <sup>a</sup>	1.525±0.035 <sup>a</sup>	2.765±0.021 <sup>a</sup>
T <sub>8</sub>	87.700±0.000 <sup>c</sup>	0.885±0.106 <sup>c</sup>	1.845±0.021 <sup>c</sup>
T <sub>9</sub>	88.250±0.070 <sup>b</sup>	1.265±0.495 <sup>b</sup>	2.345±0.035 <sup>b</sup>
T <sub>10</sub>	88.775±0.035 <sup>a</sup>	1.555±0.049 <sup>a</sup>	2.775±0.21 <sup>a</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per column.

غلظت آن اثر معنی‌داری بر تغییرات خاکستر تیمارها نداشت.

مقدار خاکستر در تحقیق حاضر در تمامی تیمارها از حد بیشینه در نظر گرفته شده توسط استاندارد ملی ایران (۰/۵ درصد) به شماره ۲۶۸۲ پایین‌تر بود (استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲، ۱۳۹۵).

بررسی نتایج حاصل از تغییرات میزان اسیدیته در روز اول نگهداری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۲ مشخص گردید استفاده از کربنات کلسیم و افزایش غلظت آن تاثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) بر افزایش میزان اسیدیته پاستیل‌های غنی شده داشت بطوریکه بالاترین میزان اسیدیته در نمونه‌های T<sub>4</sub>، T<sub>7</sub> و T<sub>10</sub> و پایین‌ترین میزان اسیدیته (۱/۳۰۵٪) در نمونه شاهد مشاهده گردید. علت این افزایش می‌تواند مربوط به خاصیت اسیدی نمک مصرفی (کربنات کلسیم) در نمونه‌های پاستیل باشد. قربانی و همکاران، (۱۳۸۸) گزارش کردند ماهیت نوع ماده مصرفی در فرمولاسیون مواد غذایی می‌تواند عامل موثر بر تغییرات اسیدیته باشد. کریمی و حسینی (۱۳۹۷) با جایگزینی پودر کدو حلواپی به جای ژلاتین به

بررسی نتایج حاصل از تغییرات میزان خاکستر در روز اول نگهداری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۲ مشخص گردید استفاده از درصدهای مختلف کلسیم تاثیر معنی‌دار ( $p \leq 0.05$ ) بر میزان خاکستر پاستیل داشت. همچنین بین میزان خاکستر تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ( $p \leq 0.05$ ) وجود داشت. نتایج نشان داد با افزایش میزان کلسیم، میزان خاکستر تیمارها به صورت معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) افزایش یافت، که علت آن می‌تواند مربوط به بالا بودن میزان خاکستر در کربنات کلسیم باشد. بنابراین بیشترین میزان خاکستر در تیمارهای حاوی بالاترین میزان کربنات کلسیم یعنی تیمار ۴ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و IU/100g ۰ ویتامین D<sub>3</sub>)، تیمار ۷ (حاوی mg/100g ۱۰۰۰ ویتامین D<sub>3</sub>)، تیمار ۱۰ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و IU/100g ۱۰ ویتامین D<sub>3</sub>) و کمترین میزان خاکستر در تیمار شاهد (بدون کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub>) مشاهده شد. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از ویتامین D<sub>3</sub> و افزایش

درگیرکردن آب و ممانعت از خروج آن باشد (Szczeniak, 2002). بنابراین با افزایش سختی، بافت مذسجم‌تر می‌شود و پیوستگی نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه به مدت طولانی‌تری جویده می‌شوند (Boland et al., 2006). برخی محققین اظهار داشتند ژل‌های مذسجم تر به مدت طولانی‌تری جویده می‌شوند. جویدن باعث شکست ساختار غذا و افزایش سطح نواحی در دسترس برای پخش مواد معطر می‌گردد که این مسئله افزایش رهاسازی طعم را به دنبال دارد (بولاند و همکاران ۲۰۰۶).

نتایج نشان داد بیشترین میزان سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن در تیمار ۴ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۴۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>)، تیمار ۷ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۷۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>) و تیمار ۱۰ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۱۰۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>) که حاوی بالاترین میزان کربنات کلسیم بودند مشاهده گردید. کمترین میزان سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن در تیمار شاهد (بدون کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub>) مشاهده گردید. لازم به ذکر است افزایش میزان ویتامین D<sub>3</sub>، اثر معنی‌داری بر تغییرات خواص بافتی پاستیل‌ها (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) نداشت (p>۰/۰۵).

در تایید نتایج این تحقیق رضایی و همکاران، (۲۰۱۱) گزارش کردند کلسیم قابلیت اتصال به ژلاتین و قند را دارد که باعث می‌شود بافت نهایی پاستیل حاوی کلسیم، سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن نسبتاً بیشتری داشته باشند. آنها بیان داشتند افزایش کلسیم باعث افزایش بریکس و دانسیته بافت و در نهایت افزایش قابلیت جویدن پاستیل شده است (رضائی و همکاران ۲۰۱۱).

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مشابه نتایج مجاوریان و همکاران (۱۳۹۷) بود. این محققین پس از بررسی بهینه‌سازی فرمولاسیون پاستیل زنجبیلی بر پایه ژلاتین پای مرغ و کنسانتره انگور، بیان نمودند افزایش غلظت ژلاتین پای مرغ موجب افزایش

نسبت‌های مختلف در فرمولاسیون ژله بیان نمودند که استفاده از نسبت‌های مختلف پودر کدو در تهیه ژله تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته محصول نداشته است.

نوری و همکاران (۱۳۹۸)، پاستیل انبه-گلابی حاوی ژلاتین و گوار تولید نمودند و بیان نمودند با افزایش گوار، میزان اسیدیته افزایش یافت. والنسیا و همکاران (۲۰۱۳) اثر افزودن کلسیم بر خصوصیات کیفی آبنبات‌های نرم تولید شده از میوه انگور قهوه‌ای و بدون ساکارز را با مقایسه آن با آبنبات‌های مشابه بدون کلسیم، ارزیابی کردند. آنها گزارش کردند افزودن کلسیم موجب کاهش اسیدیته محصول شد.

نتایج جدول ۲ نشان داد با افزایش میزان ویتامین D<sub>3</sub>، اختلاف معنی‌داری در میزان اسیدیته تیمارهای مورد بررسی مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). قابل ذکر است که مقدار اسیدیته در تحقیق حاضر در تمامی تیمارها بجز تیمار ۴ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۴۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>)، تیمار ۷ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۷۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>) و تیمار ۱۰ (حاوی ۱۰۰۰ mg/100g کلسیم و ۱۰۰ IU/100g ویتامین D<sub>3</sub>)، از حد بیشینه در نظر گرفته شده توسط استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۲ (۲/۵ درصد) پایین‌تر بود (استاندارد ملی شماره ۲۶۸۲، ۱۳۹۵).

### بررسی نتایج حاصل از تغییرات خواص بافتی (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) در روز اول نگهداری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۳ مشخص گردید با افزایش میزان کلسیم، میزان سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن تیمارها بطور معنی‌داری (p<۰/۰۵) افزایش یافت.

علت سختی بافت پاستیل‌ها با افزایش میزان کربنات کلسیم می‌تواند مربوط به توانایی باند شدن کربنات کلسیم با ژلاتین مورد استفاده در فرمولاسیون و



شد. همچنین چارون و همکاران (۲۰۱۵) پس از بررسی پاستیل غنی شده با عصاره برگ *Psidium guajava* Linn بیان نمودند عصاره خام موجب تغییرات در خصوصیات بافتی پاستیل شده که به صورت کاهش قابلیت جویدگی این محصول مشخص بود. نتایج بدست آمده با نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی سازگار بود که نشان دهنده کاهش امتیازات بافتی این محصول شده بود.

پارامترهای شامل سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن شد، همچنین کدسانتره انگور سفید، رابطه مستقیم و معنی‌داری بر میزان پارامترهای بافتی شامل سختی و قابلیت جویدن داشت.

والنسبیا و همکاران (۲۰۱۳) اثر افزودن کلسیم روی خصوصیات کیفی آبنبات‌های نرم تولید شده از میوه انگور قهوه‌ای و بدون ساکارز را با مقایسه آن با آبنبات‌های مشابه بدون کلسیم، ارزیابی کردند. نتایج نشان داد افزودن کلسیم موجب کاهش چسبندگی آنها

### جدول ۳- تغییرات خواص بافتی (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن) پاستیل غنی شده حاوی غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم در روز اول نگهداری

Table 3- Texture properties (hardness, cohesiveness and chewiness) of fortified pastille containing different concentrations of vitamin D<sub>3</sub> and calcium on the first day of storage

Treatments	Texture properties		
	Hardness (g)	Cohesiveness (%)	Chewiness (g.mm)
T <sub>1</sub>	15.575±0.106 <sup>d</sup>	0.310±0.014 <sup>c</sup>	0.0105±0.0007 <sup>d</sup>
T <sub>2</sub>	16.165±0.036 <sup>c</sup>	0.355±0.007 <sup>c</sup>	0.0150±0.0014 <sup>cd</sup>
T <sub>3</sub>	16.870±0.099 <sup>b</sup>	0.410±0.014 <sup>b</sup>	0.0200±0.0014 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub>	17.235±0.063 <sup>a</sup>	0.485±0.007 <sup>a</sup>	0.0280±0.0014 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	16.155±0.035 <sup>c</sup>	0.350±0.014 <sup>c</sup>	0.0150±0.0000 <sup>cd</sup>
T <sub>6</sub>	16.875±0.063 <sup>b</sup>	0.415±0.007 <sup>ba</sup>	0.0195±0.0021 <sup>bc</sup>
T <sub>7</sub>	17.165±0.091 <sup>a</sup>	0.475±0.007 <sup>a</sup>	0.0285±0.0007 <sup>a</sup>
T <sub>8</sub>	16.170±0.042 <sup>c</sup>	0.345±0.007 <sup>c</sup>	0.0145±0.0007 <sup>d</sup>
T <sub>9</sub>	16.880±0.042 <sup>b</sup>	0.415±0.021 <sup>b</sup>	0.0195±0.0007 <sup>bc</sup>
T <sub>10</sub>	17.195±0.063 <sup>a</sup>	0.480±0.014 <sup>a</sup>	0.0275±0.0007 <sup>a</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per column.

نگهداری و اکسیداسیون در مقابل نور باشد (کاظمی و همکاران ۲۰۰۷). حداقل میزان روزانه برای ویتامین D<sub>3</sub> IU/100g (برابر است با ۴۰۰-۱۰۰۰ IU/100g) در صورتی که فردی ترکیب کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> (در این میزان) را همزمان روزانه دریافت نماید از پوکی استخوان جلوگیری می‌نماید (کاظمی و همکاران ۲۰۰۷).

کاظمی و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند میزان کاهش ویتامین D<sub>3</sub> در ماست طی ۴ هفته نگهداری بسیار ناچیز بوده است. آنها بیان داشتند ویتامین D<sub>3</sub> پایداری

### بررسی نتایج حاصل از پایداری ویتامین D<sub>3</sub> طی ۶۰ روز نگهداری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۴ مشخص گردید استفاده از غلظت‌های مختلف کلسیم اثر معنی‌داری بر میزان پایداری ویتامین D<sub>3</sub> موجود در پاستیل‌ها نداشت ( $p > 0.05$ ). مطابق با نتایج اندکی کاهش یا افزایش در میزان ویتامین D<sub>3</sub> طی دوره نگهداری مشاهده گردید که این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ) و علت عدم کاهش معنی‌دار آن می‌تواند مربوط به مقاومت ویتامین D<sub>3</sub> نسبت به شرایط

سازي در صنعت ژله با استفاده از سه غلظت متفاوت از چهار مواد معدنی (کلسیم، آهن، روی و فسفر) و هفت ویتامین (ویتامین B<sub>1</sub>، ویتامین B<sub>2</sub>، ویتامین B<sub>6</sub>، نیاسین، اسید پانتوتینیک، ویتامین C، ویتامین E) پرداختند و بیان نمودند با استفاده از غنی سازی ژله می‌توان ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز کودکان ۷ تا ۱۴ سال را جبران نمود.

مطلوبی در شرایط اسیدی ماست داشته است. همچنین لسکایت و همکاران (۲۰۱۶) پس از غنی سازی محصولات لبنی (ماست و خامه ترش) با ویتامین D<sub>3</sub> بیان نمودند میزان ویتامین D<sub>3</sub> در ماست و خامه ترش پس از نگهداری ۷ روز در نور و ۱۴ روز در تاریکی در ۴ درجه سانتی‌گراد بدون تغییر مشاهده شد. کانان و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقاتی در زمینه کاربردهای غنی

**جدول ۴- تغییرات پایداری ویتامین D<sub>3</sub> (IU/100g) پاستیل غنی شده با غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم**

طی ۶۰ روز نگهداری

**Table 4- Changes in stability of vitamin D<sub>3</sub> (IU/100g) of pastille fortified with different concentrations of vitamin D<sub>3</sub> and calcium over 60 days of storage**

Treatments	Stability of vitamin D <sub>3</sub> (IU/100g)		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
T <sub>1</sub> (Control)	0.000±0.000 <sup>dA</sup>	0.000±0.000 <sup>dA</sup>	0.000±0.000 <sup>dA</sup>
T <sub>2</sub>	39.14±0.44 <sup>cA</sup>	38.795±0.771 <sup>cA</sup>	38.770±0.495 <sup>cA</sup>
T <sub>3</sub>	39.17±1.02 <sup>cA</sup>	39.050±0.566 <sup>cA</sup>	39.365±0.050 <sup>cA</sup>
T <sub>4</sub>	38.85±0.92 <sup>cA</sup>	38.960±0.297 <sup>cA</sup>	39.380±0.721 <sup>cA</sup>
T <sub>5</sub>	68.23±1.41 <sup>bA</sup>	68.565±0.587 <sup>bA</sup>	68.145±1.365 <sup>bA</sup>
T <sub>6</sub>	68.06±1.11 <sup>bA</sup>	69.075±0.884 <sup>bA</sup>	68.215±0.955 <sup>bA</sup>
T <sub>7</sub>	68.04±0.98 <sup>bA</sup>	68.735±0.276 <sup>bA</sup>	68.735±1.181 <sup>bA</sup>
T <sub>8</sub>	97.04±2.69 <sup>aA</sup>	97.365±1.718 <sup>aA</sup>	97.165±2.383 <sup>aA</sup>
T <sub>9</sub>	97.53±1.62 <sup>aA</sup>	98.285±0.629 <sup>aA</sup>	96.895±2.044 <sup>aA</sup>
T <sub>10</sub>	98.90±0.93 <sup>aA</sup>	96.645±1.563 <sup>aA</sup>	97.280±1.655 <sup>aA</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference (p≤0.05) per column.

Different capital letters represent a significant difference (p≤0.05) per row.

**جدول ۵- تغییرات پایداری کلسیم (mg/100g) پاستیل غنی شده با غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم طی ۶۰**

روز نگهداری

**Table 5- Changes of stability of calcium (mg/100g) of pastille fortified with different concentrations of vitamin D<sub>3</sub> and calcium over 60 days of storage**

Treatments	Stability of calcium (mg/100g)		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
T <sub>1</sub> (Control)	6.08±1.105 <sup>dA</sup>	5.00±0.65 <sup>dA</sup>	5.75±0.59 <sup>dA</sup>
T <sub>2</sub>	488.44±11.17 <sup>cA</sup>	489.00±5.66 <sup>cA</sup>	490.70±8.06 <sup>cA</sup>
T <sub>3</sub>	741.50±9.19 <sup>bA</sup>	743.00±5.66 <sup>bA</sup>	743.50±7.78 <sup>bA</sup>
T <sub>4</sub>	988.85±6.43 <sup>aA</sup>	987.20±8.20 <sup>aA</sup>	989.50±5.80 <sup>aA</sup>
T <sub>5</sub>	487.90±7.92 <sup>cA</sup>	491.50±9.19 <sup>cA</sup>	489.40±4.24 <sup>cA</sup>
T <sub>6</sub>	740.85±3.04 <sup>bA</sup>	740.50±5.23 <sup>bA</sup>	741.00±4.81 <sup>bA</sup>
T <sub>7</sub>	992.85±7.85 <sup>aA</sup>	989.95±7.85 <sup>aA</sup>	989.50±11.46 <sup>aA</sup>
T <sub>8</sub>	489.40±11.46 <sup>cA</sup>	490.25±5.30 <sup>cA</sup>	490.25±11.10 <sup>cA</sup>
T <sub>9</sub>	739.45±6.72 <sup>bA</sup>	740.70±8.34 <sup>bA</sup>	743.80±7.92 <sup>bA</sup>
T <sub>10</sub>	987.85±10.68 <sup>aA</sup>	990.55±10.11 <sup>aA</sup>	990.00±10.75 <sup>aA</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference (p≤0.05) per column.

Different capital letters represent a significant difference (p≤0.05) per row.

عوامل مختلفی در انتخاب منبع مناسب برای غنی‌سازی مؤثرند. کاربرد برخی نمک‌ها ممکن است اثرات منفی بر مزه، طعم، پایداری و بافت فرآورده نهایی داشته باشد. قابلیت انحلال، دسترسی حیاتی، طعم و مزه، میزان کلسیم و ملاحظات اقتصادی از جمله عواملی هستند که در انتخاب ماده غنی‌سازی باید مدنظر قرار گیرند (گرستنر ۲۰۰۱). نتایج ارزیابی حسی رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی پاستیل غنی شده با غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم طی ۶۰ روز نگهداری در جدول ۶ و ۷ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد با افزایش غلظت کلسیم امتیاز رنگ و طعم تیمارهای مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت بطوریکه بالاترین امتیاز رنگ و طعم پس از نمونه شاهد در نمونه‌های پاستیل حاوی میزان کمتر کلسیم (۵۰۰ mg/100g) مشاهده گردید. افزودن ویتامین D<sub>3</sub> تاثیر معنی‌داری بر کاهش امتیاز رنگ و طعم پاستیل‌های غنی شده با ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم نسبت به نمونه شاهد نداشت. علت کاهش امتیاز طعم با افزایش غلظت کلسیم می‌تواند مربوط به افزایش سختی و قابلیت جویدن پاستیل‌های تولیدی باشد که منجر به کاهش رهایش ترکیبات طعمی در دهان با افزایش سختی و قابلیت جویدن پاستیل می‌گردد. علت کاهش امتیاز رنگ تیمارها با افزایش غلظت کلسیم می‌تواند مربوط به کدر شدن نمونه‌های پاستیل باشد.

در حالیکه استفاده از درصدهای مختلف کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> تاثیر معنی‌داری بر ویژگی بافت و پذیرش کلی پاستیل‌های غنی شده با ویتامین D<sub>3</sub> و کلسیم نسبت به نمونه شاهد نداشت ( $p > 0.05$ ). لازم به ذکر است زمان نیز اثر معنی‌داری بر تغییرات فاکتورهای حسی نظیر رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی تیمارهای مورد آزمون نداشت. خزایی پول و همکاران (۱۳۹۵)، بیان نمودند نمونه‌های حاوی ۲۵/۰ درصد اسپیرولینا ویژگی‌های حسی (رنگ، آروما، طعم و پذیرش کلی)

## بررسی نتایج حاصل از پایداری کلسیم طی ۶۰ روز نگهداری

طبق توصیه‌های WHO و FAO، متوسط نیاز هر فرد به کلسیم ۱۰۰۰ میلی‌گرم به طور روزانه می‌باشد. همچنین نیاز کشور ایران نیز همین مقدار می‌باشد و این در حالی است که بیشتر افراد تنها ۵۷ درصد از نیاز واقعی را دریافت می‌نمایند (کاظمی و همکاران ۲۰۰۷).

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۵، مشخص گردید تغییرات غلظت‌های مختلف کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> در فرمولاسیون پاستیل تاثیر معنی‌داری بر میزان پایداری کلسیم در پاستیل‌ها نداشته است ( $p > 0.05$ ). لازم به ذکر است زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر تغییرات میزان کلسیم نداشت ( $p > 0.05$ ).

والنسیا و همکاران (۲۰۱۳) آبنبات‌های نرم تولید شده از میوه انگور قهوه‌ای و بدون ساکارز که با کلسیم غنی شده بودند تولید نمودند و گزارش کردند آبنبات مذکور حدود ۲۰٪ از نیاز روزانه به کلسیم مصرف‌کنندگان را فراهم می‌نماید و میزان کلسیم آن طی دروه نگهداری کاهش معنی‌داری نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت. خزایی پول و همکاران (۱۳۹۵)، سطوح مختلف ریز جلبک *اسپیرولینا پلاننتیس* بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی پاستیل کیوی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد با افزایش *اسپیرولینا* میزان دریافت کلسیم افزایش یافت و میزان پایداری غلظت‌های مختلف *اسپیرولینا پلاننتیس* در پاستیل کیوی یکسان بود.

## بررسی نتایج ویژگی‌های حسی طی ۶۰ روز نگهداری

اساساً اندازه‌گیری کیفیت یک فرآورده بر اساس اطلاعات دریافتی از پنج حس بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه ارزیابی حسی گفته می‌شود که این روش بهترین راه برای ارزیابی طعم و بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می‌باشد (عباسی و رحیمی ۲۰۰۷).

فرمولاسیون ژله به صورت معنی‌داری پارامترهای رنگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ژانگ و باررینگر (۲۰۱۷) پس از بررسی اثر هیدروکلوئیدهای مختلف (ژلاتین، پکتین و نشاسته) و غلظت‌های مختلف آنها را روی غلظت ترکیبات فرار و عطری در فضای درب‌بندی پاستیل‌های با طعم توت فرنگی، بیان نمودند که سفتی به تنهایی اثری معنی‌داری روی آزاد شدن ترکیبات عطر و طعم ندارد.

بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. کریمی و حسینی (۱۳۹۷) اثر جایگزینی پودر کدو حلواپی به جای ژلاتین در نسبت‌های مختلف در فرمولاسیون ژله را مورد بررسی قرار داده و نتایج بررسی‌ها نشان داد که ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها به طور معنی‌داری تغییر پیدا کرد. گاردیو و همکاران (۲۰۱۵) اثر متغیرهای مختلف در فرمولاسیون ژله را روی خصوصیات رنگ و پذیرش کلی ژله سیب مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد

جدول ۶- تغییرات امتیاز رنگ و بافت پاستیل غنی شده با غلظت‌های مختلف ویتامین D3 و کلسیم طی ۶۰ روز نگهداری

Table 6-Changes in color and texture score of pastille fortified with different concentrations of vitamin D3 and calcium over 60 days of storage

Treatments	Color score			Texture score		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
T <sub>1</sub> (Control)	5.000±0.000 <sup>aA</sup>	5.000±0.000 <sup>aA</sup>	5.000±0.000 <sup>aA</sup>	4.360±0.155 <sup>abA</sup>	4.375±0.106 <sup>abA</sup>	4.7345±0.106 <sup>abA</sup>
T <sub>2</sub>	4.775±0.106 <sup>aA</sup>	4.800±0.113 <sup>aA</sup>	4.785±0.120 <sup>aA</sup>	4.425±0.162 <sup>abA</sup>	4.405±0.148 <sup>abA</sup>	4.425±0.134 <sup>abA</sup>
T <sub>3</sub>	4.105±0.134 <sup>bA</sup>	4.100±0.099 <sup>bA</sup>	4.125±0.106 <sup>bA</sup>	4.785±0.120 <sup>aA</sup>	4.790±0.084 <sup>aA</sup>	4.805±0.077 <sup>aA</sup>
T <sub>4</sub>	3.745±0.134 <sup>bA</sup>	3.760±0.084 <sup>bA</sup>	3.745±0.091 <sup>bA</sup>	4.200±0.169 <sup>bA</sup>	4.135±0.007 <sup>bA</sup>	4.170±0.169 <sup>bA</sup>
T <sub>5</sub>	4.800±0.099 <sup>aA</sup>	4.795±0.120 <sup>aA</sup>	4.775±0.106 <sup>aA</sup>	4.475±0.106 <sup>abA</sup>	4.430±0.099 <sup>abA</sup>	4.440±0.099 <sup>abA</sup>
T <sub>6</sub>	4.085±0.120 <sup>bA</sup>	4.100±0.127 <sup>bA</sup>	4.120±0.099 <sup>bA</sup>	4.815±0.162 <sup>aA</sup>	4.825±0.120 <sup>aA</sup>	4.845±0.134 <sup>aA</sup>
T <sub>7</sub>	3.800±0.155 <sup>bA</sup>	3.835±0.162 <sup>bA</sup>	3.805±0.219 <sup>bA</sup>	4.150±0.141 <sup>bA</sup>	4.165±0.148 <sup>bA</sup>	4.190±0.141 <sup>bA</sup>
T <sub>8</sub>	4.800±0.099 <sup>aA</sup>	4.875±0.106 <sup>aA</sup>	4.800±0.113 <sup>aA</sup>	4.480±0.127 <sup>abA</sup>	4.480±0.155 <sup>abA</sup>	4.445±0.148 <sup>abA</sup>
T <sub>9</sub>	4.100±0.127 <sup>bA</sup>	4.110±0.155 <sup>bA</sup>	4.115±0.120 <sup>bA</sup>	4.810±0.155 <sup>aA</sup>	4.830±0.155 <sup>aA</sup>	4.855±0.162 <sup>aA</sup>
T <sub>10</sub>	3.745±0.176 <sup>bA</sup>	3.785±0.077 <sup>bA</sup>	3.750±0.183 <sup>bA</sup>	4.180±0.141 <sup>bA</sup>	4.145±0.120 <sup>bA</sup>	4.140±0.183 <sup>bA</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per column.

Different capital letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per row.

جدول ۷- تغییرات امتیاز طعم و پذیرش کلی پاستیل غنی شده با غلظت‌های مختلف ویتامین D3 و کلسیم طی ۶۰ روز

نگهداری

Table 7- Changes in taste and overall score acceptance of pastille fortified with different concentrations of vitamin D3 and calcium over 60 days of storage

Treatments	Taste score			Overall acceptance score		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
T <sub>1</sub> (Control)	4.940±0.084 <sup>aA</sup>	4.935±0.091 <sup>aA</sup>	4.920±0.084 <sup>aA</sup>	4.870±0.099 <sup>aA</sup>	4.885±0.091 <sup>aA</sup>	4.895±0.091 <sup>aA</sup>
T <sub>2</sub>	4.915±0.077 <sup>aA</sup>	4.910±0.099 <sup>aA</sup>	4.905±0.077 <sup>aA</sup>	4.585±0.544 <sup>aA</sup>	4.895±0.120 <sup>aA</sup>	4.875±0.106 <sup>aA</sup>
T <sub>3</sub>	4.820±0.113 <sup>aA</sup>	4.795±0.106 <sup>aA</sup>	4.800±0.127 <sup>abA</sup>	4.875±0.077 <sup>aA</sup>	4.890±0.127 <sup>aA</sup>	4.890±0.113 <sup>aA</sup>
T <sub>4</sub>	4.620±0.113 <sup>abA</sup>	4.625±0.077 <sup>abA</sup>	4.645±0.091 <sup>abA</sup>	4.590±0.127 <sup>aA</sup>	4.585±0.091 <sup>abA</sup>	4.610±0.113 <sup>aA</sup>
T <sub>5</sub>	4.895±0.035 <sup>aA</sup>	4.890±0.056 <sup>aA</sup>	4.880±0.113 <sup>aA</sup>	4.910±0.084 <sup>aA</sup>	4.865±0.077 <sup>aA</sup>	4.855±0.077 <sup>aA</sup>
T <sub>6</sub>	4.735±0.120 <sup>aA</sup>	4.765±0.106 <sup>aA</sup>	4.755±0.106 <sup>abA</sup>	4.850±0.084 <sup>aA</sup>	4.850±0.099 <sup>aA</sup>	4.875±0.091 <sup>aA</sup>
T <sub>7</sub>	4.600±0.113 <sup>abA</sup>	4.610±0.084 <sup>abA</sup>	4.600±0.099 <sup>abA</sup>	4.465±0.077 <sup>aA</sup>	4.500±0.099 <sup>abA</sup>	4.490±0.127 <sup>abA</sup>
T <sub>8</sub>	4.800±0.099 <sup>aA</sup>	4.875±0.106 <sup>aA</sup>	4.800±0.113 <sup>aA</sup>	4.480±0.127 <sup>abA</sup>	4.480±0.155 <sup>abA</sup>	4.445±0.148 <sup>abA</sup>
T <sub>9</sub>	4.335±0.120 <sup>bcA</sup>	4.365±0.106 <sup>bcA</sup>	4.355±0.176 <sup>bcA</sup>	4.555±0.106 <sup>aA</sup>	4.550±0.0845 <sup>abA</sup>	4.540±0.084 <sup>abA</sup>
T <sub>10</sub>	4.120±0.084 <sup>cA</sup>	4.102±0.127 <sup>cA</sup>	4.100±0.099 <sup>cA</sup>	4.135±0.120 <sup>aA</sup>	4.190±0.113 <sup>bA</sup>	4.160±0.113 <sup>bA</sup>

The results are given as mean ± Standard Deviation.

Different small letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per column.

Different capital letters represent a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) per row.

## نتیجه گیری کلی

هدف کلی از این پژوهش بررسی امکان غنی سازی پاستیل با غلظت‌های مختلف کلسیم (۱۰۰۰ mg/100g و ۷۵۰، ۵۰۰) و ویتامین D<sub>3</sub> (۱۰۰ IU/100 g و ۷۰، ۴۰) بود. نتایج نشان داد استفاده از غلظت‌های مختلف کلسیم اثر معنی‌داری بر افزایش میزان بریکس، خاکستر، اسیدیته و خواص بافتی (سختی، پیوستگی و قابلیت جویدن)، و کاهش ویژگی حسی رنگ و طعم پاستیل داشت. مطابق با نتایج استفاده از غلظت‌های مختلف ویتامین D<sub>3</sub> اثر معنی‌داری بر خواص شیمیایی (میزان بریکس و اسیدیته، خاکستر)، خواص بافتی (سختی،

پیوستگی و قابلیت جویدن)، میزان پایداری ویتامین D<sub>3</sub> و پایداری کلسیم و ویژگی‌های حسی (رنگ، مزه و بو، بافت و پذیرش کلی) پاستیل در مقایسه با نمونه شاهد نداشت ( $p > 0.05$ ) و طی دوره نگهداری نیز کاهش معنی‌داری نشان نداد. امتیاز بافت پاستیل‌های غنی شده با کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت و طی دوره نگهداری نیز کاهش معنی‌داری نشان نداد. می‌توان پاستیل را توسط کلسیم و ویتامین D<sub>3</sub> به ترتیب به میزان ۱۰۰۰ mg/100g و ۱۰۰ IU/100mg غنی نمود و از خواص سلامت بخش آن بهره جست بدون اینکه اثر نامطلوبی بر خواص کیفی محصول داشته باشد.

## منابع مورد استفاده

- اکبرآبادی ا. و عباسی س. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی تولید پاستیل کم کالری با استفاده از اینولین و استیوزید. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. (۶۹) ۱۴، ۳۱۹-۳۲۹.
- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۵. مربا، مارمالاد و ژله مربا- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون میکروبیولوژی. استاندارد ملی ایران، شماره ۸۸۹۸، چاپ اول.
- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۷. شیر و فرآورده‌های آن- تعیین میزان کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم- روش طیف سنجی جذب اتمی. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۷۸۰، چاپ اول.
- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۵. فرآورده‌های ژله‌ای- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۶۸۲، تجدید نظر دوم.
- خرزایی پول ا، شهیدی ف، مرتضوی س ع و محبی م. ۱۳۹۵. بررسی سطوح مختلف ریزجلبک *Spirulina platensis* بر ریز ساختار و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پاستیل کیوی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. (۱) ۱۲، ۲۱-۳۳.
- قربانی حسن سرایی آ، قدوسی ح ب، مرتضوی س ع، امام جمعه ز، شهیدی یاساقی س ا و معتمدزادگان ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر فرآیند غنی سازی با کلسیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست. مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی (دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان). (۱) ۱، ۸۷-۹۸.
- کریمی ف، حسینی قابوس س. ح. ۱۳۹۷. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی پودر ژله حاوی پودر کدو حلوایی. نشریه علوم و صنایع غذایی ایران. (۷۶) ۱۵، ۳۱۹-۳۲۸.
- مجاوریان س پ، رفتنی امیری ز و شهیری طبرستانی ه. ۱۳۹۷. بهینه سازی فرمولاسیون پاستیل زنجبیلی بر پایه ژلاتین پای مرغ و کنسانتره انگور به روش سطح پاسخ (RSM). علوم و صنایع غذایی. (۱۵) ۸۲، ۳۳۴-۳۱۹.
- نوری فرید ف، شریفی ا و استیری س ح. ۱۳۹۸. بهینه سازی فرمولاسیون پاستیل انبه-گلای به روش سطح پاسخ. نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی. (۲) ۱۱، ۱۲۹-۱۱۹.

Abbasi S, Mohammadi S and Rahimi S, 2011. Partial substitution of gelatin with Persian gum and use of

- olibanum in production of functional pastille. *Iranian Journal of Agricultural Science* 42 (1): 121-131.
- Abbasi S and Rahimi S, 2007. Introduction of an unknown local plant gum: Persian gum (zedu gum). *Flour and Food Industry Magazine* 4: 42-51.
- Amjadi S, Ghorbani M, Hamishehkar H and Roufegarinejad L, 2018. Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: its application in gummy candy as a food model. *Food Chemistry* 22(1).
- Bauernfeind JC and Lachance PA, 1991. Nutrient additions to food: nutritional, technological and regulatory aspects 48 (2).
- Bishop N, 1999. Rickets today-children still need milk and sunshine. *Mass Medical Soc.*
- Boland AB, Delahunty CM and Van Ruth SM, 2006. Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavor release and perception. *Food Chemistry* 96:452-460.
- Braegger C, Campoy C, Colomb V, Decsi T, Domellof M, Fewtrell M and Turck D, 2013. Vitamin D in the healthy European paediatric population. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition* 56(6): 692-701.
- Canan T, Bige I, Omer C and Melic KA, 2013. Research on the fortification applications for jelly confectionery. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 11 (2): 152-157.
- Charoen R, Savedboworn W, Phuditcharnchnakun S and Khuntaweetap T, 2015. Development of Antioxidant Gummy Jelly Candy Supplemented with Psidium guajava Leaf Extract. *King Mongkut's University of Technology North Bangkok International Journal of Applied Science and Technology* 8(2): 145-151.
- Clarke NM and Page JE, 2012. Vitamin D deficiency: a paediatric orthopaedic perspective. *Current opinion in pediatrics* 24(1): 46-49.
- Demars L and Ziegler G, 2001. Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids* 15: 643-653.
- Dennehy C and Tsourounis C, 2010. A review of select vitamins and minerals used by postmenopausal women. *Maturitas* 66(4): 370-380.
- Fiyouzi B, Mazaheri tehrani M and Khazaii pool A, 2014. Formulation of date jelly product and condensed whey and its physicochemical and sensory properties. *Iranian food science and technology research Journal* 12 (1): 78-61.
- Garrido JI, Lozano JE and Genovese DB, 2015. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT-Food Science and Technology* 62(1): 325-332.
- Ganesan B, Brothersen C and McMahon DJ, 2011. Fortification of Cheddar cheese with vitamin D does not alter cheese flavor perception. *Journal of dairy science* 94(7): 3708-3714.
- Glerup H, 2000. Vitamin D deficiency among immigrants. *Ugeskrift for laeger* 162(46): 6196-6199.
- Gerstner G, 2001. Calcium citrate in fortified-food applications. *Food Product Design*, December 1-5.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. *Dietary Reference Intakes: calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride*. Washington, D.C.: National Academy Press; 1997. [www.iom.edu/](http://www.iom.edu/)
- Jafari T, Askari G, Mirlohi M, Javanmard SH, Faghihimani E and Fallah AA, 2016. Stability of Vitamin D<sub>3</sub> in fortified yoghurt and yoghurt drink (Doogh). *Advanced Biomedical Research* 5: 1-5.
- Jeffery MS, 2001. Grained and ungrained confections. In *Manufact. Conf* 73 (11): 47-48.
- Kaushik R and Arora S, 2017. Effect of calcium and vitamin D<sub>2</sub> fortification on physical, microbial, rheological and sensory characteristics of yoghurt. *International Food Research Journal* 24(4): 1744-1752.
- Kazmi SA, Vieth R and Rousseau D, 2007. Vitamin D<sub>3</sub> fortification and quantification in processed dairy products. *International Dairy Journal* 17: 753-759.
- Lau MH, Tang J and Paulson AT, 2000. Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International* 33(8): 665-671.
- Lees R, 1980. *Faults, Causes and Remedies-in Sweet and Chocolate Manufacture*. Specialized Publications (Books).
- Leskaite D, Jasutiene I, Malinauskyte E, Kersiene M. and Matusevicius P, 2016. Fortification of dairy products with vitamin D<sub>3</sub>. *International Journal of Dairy Technology* 69(2): 177-183.

- O'Connor A and Benelam B, 2011. An update on UK Vitamin D intakes and status, and issues for food fortification and supplementation. *Nutrition Bulletin* 36(3): 390-396.
- Papandreou D, Malindretos P, Karabouta Z and Rousso I, 2009. Possible health implications and low vitamin D status during childhood and adolescence: an updated mini review. *International journal of endocrinology* 2010.
- Pearce SH and Cheetham T. D, 2010. Diagnosis and management of vitamin D deficiency. *Bmj* 340(11): 5664-5669.
- Rezaee R, Shahidi F, Elahi M, Mohebi M and Nasiri M, 2011. Plum texture profile analysis, sensory and instrumental methods and formulation Optimization. *Iranian Journal of food science and technology* 8 (1): 30-39.
- Takahashi T, Hayakawa M, Kumagai M, Akiyama Y and Kohyama K, 2009. Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures. *Journal of food engineering* 95(3): 400-409.
- Shahkhalili Y, Murset C, Meirim I, Duruz E, Guincharde S, Cavadini C and Acheson K, 2001. Calcium supplementation of chocolate: effect on cocoa butter digestibility and blood lipids in humans. *The American journal of clinical nutrition* 73(2): 246-252.
- Singh G and Muthukumarappan K, 2008. Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt. *LWT-Food Science and Technology* 41(7): 1145-1152.
- Szczesniak AS, 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* 13: 215-225.
- Valencia FE, Cortes RM and Roman MO, 2013. Quality assessment of cape gooseberry candy with added calcium without sucrose. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11(1): 47-56.
- Webb AR, Kift R, Durkin MT, O'Brien SJ, Vail A, Berry JL and Rhodes LE, 2010. The role of sunlight exposure in determining the vitamin D status of the UK white adult population. *British Journal of Dermatology* 163(5): 1050-1055.
- Wharton B and Bishop N, 2003. Rickets. *The Lancet* 362(9393): 1389-1400.
- Zhang Y and Barringer S, 2017. Effect of hydrocolloids, sugar, and citric acid on strawberry volatiles in a gummy candy. *Journal of Food Processing and Preservation* 42(1).

*Journal of Food Researches/vol.31 No.4 2021/pp 79-95*  
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>  
DOI: 10.22034/FR.2021.38561.1718

## Study of possibility of pastille fortification with vitamin D<sub>3</sub> and calcium

Sh Rahbarinejad<sup>1</sup>, Sh Berenji<sup>2</sup> and L Nateghi<sup>3\*</sup>

Received: February 24, 2020 Accepted: August 26, 2020

<sup>1</sup>MSc, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

\*Corresponding author e-mail: leylanateghi@yahoo.com

**Introduction:** In recent years, adequate intake of vitamin D has become an important issue that has been the cause of the strong development of bone disease worldwide (Pearce & Cheetham, 2010; Clarke & Page, 2012). Bone softness is a progressive disease in childhood that results in bones softening and bending under body weight (Wharton & Bishop, 2003). Extensive studies have shown that high dietary calcium intake is associated with reduced risk of osteoporosis, hypertension, colon cancer, and renal stones (Singh & Muthukumarappan, 2008). The absorption of calcium in the blood takes the form of calcium ions from the intestinal wall. Increased calcium absorption is due to vitamin D, which is why calcium supplements usually contain vitamin D, so if you consume sources that contain these two substances, the calcium in them will be better absorbed. If there is a substance in the food called oxalate, its calcium absorption is reduced. The regulation of calcium levels in the body is caused by hormones secreted by the thyroid gland (Lau *et al.*, 2000). Vitamin D<sub>3</sub> is required to regulate the absorption of calcium and phosphorus from the diet and placement of bone in it. Inadequate calcium intake can also lead to bone softness in children and bone pain, muscle weakness and osteoporosis in adults. The daily requirement for vitamin D<sub>3</sub> per adult is 10 micrograms or up to 2000 units per day. This is even higher in childhood and aging (Braegger *et al.*, 2013; Glerup, 2000). Enriching popular foods among children and adolescents, such as snacks and confectionary products, can be a good solution to this problem. Vitamins are one of the most important micronutrients that are vital to human health and are essential for survival in the body. Vitamins are organic compounds that are essential to the metabolism of nutrients, vital to the body, and to the growth and development of health (Dennehy and Tsouronis, 2010). Adding one or more micronutrients to the staple diet is said to be one of the most effective strategies to prevent micronutrient deficiency (Jafarpour and Mazandarani, 2013).

**Material and methods:** For pastille production, 6 g of gelatin was first dissolved in bloom 260 in distilled water (twice the weight of gelatin) using a magnetic stirrer at 60 °C in 12 g of water. Simultaneously, sugar syrup (boiling liquid glucose (35 g), sugar (35 g) in 20 ml of water and bubbling to 77-78) was prepared and after lowering the temperature, the gelatin solution was added and the resulting mixture was added to the water bath. Heat (70 °C) (Abbasi *et al.*, 2011) and to reach pH 3± 0.25, citric acid (1.5 g), cherry color (0.03 g) and cherry essential oil (07 (0) g) was added with vitamin D<sub>3</sub> (100, IU 100, 70, 40 g) and calcium (1000, 750, 500 g, 100 g / 100 g) and mixed gently to prevent air bubbles from entering. Calcium-free and vitamin D<sub>3</sub> samples were used as controls. It should be noted that the calcium consumed was calcium carbonate and the vitamin D<sub>3</sub> used in this study was powdered and water soluble. After mixing, the gelatin-sugar solution was poured into the



mold with 40 × 53 mm dimensions and placed in the oven at 37 ° C for 24 hours at room temperature for 24 hours and then cooled to room temperature. The mold came out (Demars & Ziegler, 2001). Chemical tests (amount of brix, acidity and ash) and tissue properties (hardness, cohesiveness and chewiness) were evaluated on the first day, and tests of calcium and vitamin D<sub>3</sub> stability and sensory properties (color, taste and smell, texture and acceptance overall) were evaluated at the first day of production, 30 and 60 days. In order to evaluate the quantitative and qualitative characteristics of the data with 10 treatments and 3 replications, one-way ANOVA was used and for comparing the mean of data, Duncan's test was used at 95% confidence level and the two-way ANOVA was used to evaluate the interaction of factors. It turned out Minitab 16 software was used to analyze the statistical data and Excel software was used for drawing graphs.

**Results and discussion:** The results showed that The use of different concentrations of calcium had a significant effect on increasing the amount of brix, ash, acidity and texture properties (hardness, cohesiveness and chewiness), calcium stability and reducing the sensory properties of color, taste and smell of pastille and there was a significant difference between treatments. According to the results of using different concentrations of vitamin D<sub>3</sub>, a significant effect on chemical properties (brix and acidity, ash), tissue properties (hardness, cohesiveness and chewiness), the stability of vitamin D<sub>3</sub> and calcium, and sensory properties (color, taste and smell, texture and overall acceptance of pastilles) were not significant compared to the control sample ( $p < 0.05$ ) and did not show a significant decrease during storage. The texture score of pastilles enriched with calcium and vitamin D<sub>3</sub> was not significantly different from the control sample and did not show a significant decrease during storage. The amount of brix in the present study was higher than the minimum standard of 2682 (80%) in all treatments. The amount of ash obtained in all treatments was lower than the maximum value of 2682 (0.5%) in all treatments. It should be noted that the amount of acidity in the present study was lower than the maximum value of 2682 (2.5%) in all treatments. As the amount of calcium increased due to the increase in calcium, tissue density increased and eventually resulted in increased chewing ability of pastille (Rezaee *et al.*, 2011). Treatments 10 (containing 100 mg/100 mg of calcium and 100IU/100mg of vitamin D<sub>3</sub>) were identified as superior treatments for acidity, ash, brix, vitamin D<sub>3</sub> and calcium stability and sensory evaluation (overall acceptance).

**Conclusion:** According to the results of this study calcium in 1000 mg/100g and vitamin D in 100 mg IU/100mg can be used in pastille formulation without adverse effect on sensory properties (general acceptance).

**Keywords:** Pastille, Functional, Calcium, Vitamin D<sub>3</sub>