

## جایگزینی بخشی از ژلاتین با صمغ فارسی و استفاده از کندر برای تولید پاستیل فراسودمند

سلیمان عباسی<sup>۱\*</sup>، سودابه محمدی<sup>۲</sup> و سمیه رحیمی<sup>۳</sup><sup>۱</sup> دانشیار، <sup>۲</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد و <sup>۳</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۶/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۲/۲۶)

## چکیده

در این پژوهش، امکان جایگزینی بخشی از ژلاتین با صمغ فارسی، بخش‌های محلول و نامحلول آن و همچنین تاثیر افزودن پودر کندر روی برخی ویژگی‌های مکانیکی و حسی پاستیل میوه‌ای ارزیابی شد. یافته‌ها نشان دادند صمغ فارسی در حضور غلظت‌های بالای شکر قادر به تشکیل ژل مناسب نبوده ولی بخش نامحلول آن دارای چنین توانایی می باشد. در ضمن، با افزایش میزان صمغ فارسی و بخش محلول آن در فرمولاسیون، کلیه ویژگی‌های مکانیکی از قبیل ضریب کشسانی، مقاومت کششی، کشیدگی در نقطه شکست و کار تا نقطه شکست کاهش یافتند. درحالی‌که در پاستیل‌هایی که حاوی بخش نامحلول صمغ فارسی بودند، ویژگی‌های مکانیکی مشابه نمونه‌های شاهد بود. از نظر ویژگی‌های حسی نیز اگرچه امتیاز نمونه‌های حاوی صمغ فارسی کاهش یافت ولی در بسیاری از موارد اختلاف معنی‌داری دیده نشد ( $p > 0.05$ ). در رابطه با تاثیر افزودن پودر کندر به فرمولاسیون پاستیل نیز یافته‌ها نشان دادند که ویژگی‌های مکانیکی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. ارزیابی حسی نمونه‌های حاوی کندر نیز بیانگر پذیرش آن‌ها از لحاظ کلیه خواص چشایی به ویژه در غلظت‌های زیر ۰/۲ درصد بود. یافته‌های این پژوهش به خوبی نشان داد که می‌توان از صمغ کندر و صمغ فارسی به‌عنوان موادی با منشأ طبیعی در تولید پاستیل فراسودمند با خواص غذایی-دارویی استفاده کرد و امکان جایگزینی ۴۰ درصد از ژلاتین با صمغ فارسی به‌ویژه بخش نامحلول آن وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: پاستیل، صمغ فارسی، کندر، ژلاتین، ویژگی‌های مکانیکی.

## مقدمه

فرد آن می‌باشد (Johnston-Banks, 1990) که می‌توان از آن برای افزایش گرانروی، پایدارسازی امولسیون‌ها، جلوگیری از تبلور مجدد، شفاف‌سازی نوشیدنی‌ها، تشکیل و پایدارسازی کف نیز استفاده کرد، در حالی‌که، هیچ‌یک از هیدروکلوئیدهای تجاری دیگر دارای همه این خواص نمی‌باشند (Schrieber & Gareis, 2007; Hang *et al.*, 2004). هم چنین به‌علت محدودیت استفاده از ژلاتین از نظر قوانین مذهبی مسلمانان و یهودیان و نیز گسترش تجارت غذاهای حلال (Karim & Bhat, 2008) تلاش‌های زیادی برای یافتن جایگزین برای این فرآورده صورت گرفته ولی تاکنون هیدروکلوئیدی که بتواند کاملاً جایگزین ژلاتین گردد معرفی نشده است. از طرف دیگر، تجربیات نشان داده که با به‌کارگیری بیش از یک هیدروکلوئید در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی می‌توان به ایجاد ساختار فیزیکی مطلوب، بهبود کیفیت خوراکی و همچنین بهبود رفتار محصول طی فرآوری دست یافت (Morris, 1990). تاکنون از ژل‌های مخلوط، پیچیده و پرشده‌ی ژلاتین همراه با پلی‌ساکاریدهای مختلف برای تولید موادی مشابه خاویار، ژل‌های چندجزئی در محصولات ماکارونی غیرسنتی، مواد مشابه گوشت یا ماهی، گسترده‌ی‌های (spreads) کم‌چرب و

آب‌نبات‌ها یا شیرینی‌های صمغی (gummy candies) شامل گروه زیادی از فرآورده‌های قنادی از قبیل ژله‌ها، پاستیل‌ها و غیره هستند که در این فرآورده‌ها با استفاده از عوامل ژله‌ای‌کننده مانند پکتین، نشاسته و به‌ویژه ژلاتین، بافت ایجاد می‌گردد (Lubbers & Guichard, 2003). به‌این ترتیب، ژلاتین و مواد قندی مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده این دسته از فرآورده‌ها هستند (Schrieber & Gareis, 2007).

ژلاتین یک مخلوط ناهمگن (heterogeneous) از پروتئین‌های محلول در آب با جرم مولکولی بالاست که از آبکافت کلاژن تهیه می‌شود (Bhat & Karim, 2009). ساختار اساسی کلاژن یک مارپیچ سه‌تایی میله‌ای شکل متشکل از سه زنجیره پلی‌پپتیدی است (Fonkwe *et al.*, 2003). معمولاً به‌طور تجاری، ژلاتین را از منابعی از قبیل استخوان کانی‌زدایی شده گاو (ossein) و پوست خوک یا گاو استخراج می‌نمایند (Bhat & Karim, 2009). در ضمن، اطلاق اصطلاح هیدروکلوئید به ژلاتین به واسطه خواص رئولوژیکی و منحصر به

همراه با ژلاتین استفاده می‌شود که اغلب بافت محصول حاصله مطلوب‌تر از هر یک از آن‌ها به تنهایی می‌باشد (Johnston-Banks, 1990). هم‌چنین، Lee et al. (2003) اخیراً ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محلول و ژل‌های مخلوط ژلان-ژلاتین را بررسی نموده و نشان دادند که با افزایش نسبت ژلاتین به ژلان، سفتی ژل‌های مخلوط کاهش ولی میزان چسبندگی آن تا نسبت ۴۰:۶۰ افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Lee et al., 2003). در رابطه با تاثیر نسبت این دو صمغ و غلظت یون کلسیم روی ویژگی‌های بافتی و کدورت ژل‌های مخلوط نیز دریافتند که برهم‌کنش مثبت ضعیفی مابین ژلان و ژلاتین در غیاب یون کلسیم وجود دارد در حالی که در حضور مقادیر بالای کلسیم، ژلان و ژلاتین به ترتیب شبکه‌های پیوسته و غیرپیوسته‌ای را تشکیل دادند (Lau et al., 2000). Fonkwe et al. (2003) نیز اثر سرعت سرد کردن، دمای نگه‌داری، pH و غلظت پلی‌ساکاریدها را روی خواص ژله‌ای شدن ژلاتین و مخلوط ژلاتین-پلی‌ساکارید بررسی نمودند و نشان دادند که زمان ژله‌ای شدن برای مخلوط‌های ژلاتین-ساکارز در حضور مقدار اندک صمغ ژلان و pH ۴/۲ برابر با ۴۰ دقیقه بود در حالی که در شرایط مشابه ولی با pH ۴/۴ مدت زمان آن به ۷۹ دقیقه افزایش یافت. در تحقیق دیگری اثر افزودن محلول‌های قندی (ساکارز و گلوکز) و پکتین با متوکسیل بالا روی ژلاتین بررسی و نشان داده شد که با این اقدام، دمای ژله‌ای شدن از ۳۴ درجه سانتی‌گراد به ۷۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. آن‌ها علت این رفتار را به ناپایدار شدن ماریچ سه‌گانه ژلاتین به خاطر کمبود آب نسبت دادند (Al-Ruqaie et al., 1997). در رابطه با تاثیر حضور پکتین با متوکسیل بالا روی بافت مخلوط ژلاتین-پکتین نتایج نشان دادند که افزودن پکتین به ژل‌های ژلاتین سبب کاهش مقدار کرنش در نقطه‌ی شکست شد. هم‌چنین، از لحاظ حسی ژل‌ها به صورت صاف، نرم و شکننده تا لاستیکی توصیف شدند. در ضمن، ژل‌های مخلوط نسبت به ژل‌های ژلاتینی خالص شیرین‌تر، دارای طعم میوه‌ای بیشتر و یا ترش‌تر (tart) بودند (DeMars & Ziegler, 2001). در تحقیق دیگری Lubbers & Guichard (2003) تاثیر گلوکز، ساکارز و شربت ذرت با ۴۰DE و ۶۰ را روی آزادسازی طعم و پذیرش حسی در سامانه‌های مدل پاستیل میوه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. تجزیه فضای فوقانی تعادلی ثابت کرد که نوع قند در آزادسازی طعم موثر بوده و ژله‌ای شدن موجب کاهش آن گردید. شربت ذرت با ۴۰DE نسبت به ساکارز و گلوکز موجب آزادسازی طعم کمتری شد.

همان‌گونه که گفته شد تاکنون با توجه به اهمیت

جایگزین‌های چربی استفاده شده است (Fonkwe et al., 2003).

صمغ فارسی نیز از تراوشات طبیعی درخت بادام کوهی از خانواده گلسرخیان (Rosaceae) با نام علمی *Amygdalus scoparia* Spach است که در اثر تنش‌های دمایی، رطوبتی، گزش حشرات، بیماری *gummiosis* و غیره ترشح می‌شود. خصوصیات مختلف این صمغ هنوز ناشناخته مانده ولی به طور سنتی از خواص دارویی آن برای صاف کردن سینه، رفع سرفه‌های پی در پی، افزایش دید چشم و غیره استفاده می‌شود که علاوه بر این دارای قیمتی خیلی کمتر از ژلاتین (حدود یک چهارم) نیز می‌باشد (Abbasi & Rahimi, 2007). در واقع می‌توان گفت صمغ فارسی علاوه بر طبیعی بودن نوعی صمغ فراسودمند بوده و محصولات حاوی آن را می‌توان تحت عنوان فرآورده فراسودمند معرفی نمود.

کندر هم یک نوع صمغ اولئورزینی است که از گیاه *Boswellia carterii* Birdw. به‌دست می‌آید و به‌صورت قطعات کروی، بیضی و یا بدون شکل به رنگ قرمز یا زرد تیره تا زرد متمایل به سفید یافت می‌شود (Lemenih et al., 2003; Tilahun et al., 2007; Aeinechi, 1995). سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA) گواهی مصرف در مواد غذایی (21 CFR 172.510) را دریافت نموده و بیشینه مصرف اسانس روغنی آن در انواع محصولات غذایی بین ۰/۶۰ تا ۳/۷ ppm پیشنهاد شده است (Hall & Oser, 1965). امروزه از کندر به‌عنوان تثبیت‌کننده (fixative) در آدامس، تولید مواد طعم‌دهنده، نوشیدنی‌ها و غیره استفاده می‌شود (Sworn, 1996). علاوه بر این، کندر دارای خواص دارویی ثابت شده متعددی از قبیل تقویت حافظه، کاهش میزان کلسترول، خواص ضدسرطانی و ضد التهابی و غیره نیز می‌باشد (Mahmoudi et al., 2006).

هیدروکلوئیدها بسپارهای محلول در آب با منشاء پلی‌ساکاریدی یا بعضاً پروتئینی هستند که از آن‌ها در بسیاری از مواد غذایی فرآیند شده به‌عنوان غلیظ‌کننده یا ژل‌کننده یا برخی کاربردهای دیگر استفاده می‌شود (Lee et al., 2003). به طور کلی، هیدروکلوئیدهای پلی‌ساکاریدی را می‌توان به دو گروه باردار و بدون بار تقسیم‌بندی کرد که برهم‌کنش محلول‌های ژلاتینی با هریک از آن‌ها ممکن است مطلوب و یا نامطلوب باشد. نشاسته که پلی‌ساکاریدی بدون بار است قادر نیست کاملاً جایگزین ژلاتین شود و تنها می‌توان مقدار مشخصی از آن را، بدون ایجاد تغییر در خصوصیات محصول، جایگزین نمود. از صمغ عربی نیز به‌عنوان پلی‌ساکارید باردار در محصولات قنادی حاوی مواد جامد بالا مثل پاستیل‌های میوه‌ای به‌طور گسترده

Heidolph-MR 3001، ساخت کشور آلمان) قرار داشت اضافه شد تا محلول یکنواختی حاصل شود. سپس برای جذب کامل آب، محلول به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم (Kottermann، آلمان) در دمای ۵۰ درجه سلسیوس نگاهداری و سپس با انتقال به لوله‌های آزمایش به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط نگاهداری شد. برای بررسی دوفاز شدن نمونه‌ها و تعیین حداقل غلظت لازم برای تشکیل ژل، قابلیت جریان و ریزش آن‌ها با وارونه کردن لوله‌های محتوی محلول‌ها مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این آزمون‌ها، بررسی توانایی صمغ فارسی به‌عنوان عامل ژله‌ای‌کننده و امکان استفاده از آن به‌تنهایی در پاستیل بود که در مراحل بعدی در صورت عدم توانایی غلظت‌های مختلف آن در تشکیل ژل، اثرات افزودن ساکارز به میزان ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درصد به محلول ۱۵ درصدی صمغ فارسی، به‌عنوان عاملی برای افزایش خاصیت ژله‌ای شدن، ارزیابی گردید. برای ارزیابی شکل‌پذیری و یا قالب‌پذیری نمونه‌ها نیز، محلول‌های صمغ به قالب‌های پلاستیکی انتقال داده شدند و پس از مدتی توانایی آن‌ها در حفظ شکل قالب و عدم وارفتگی (پس از خروج از قالب) بررسی گردید.

#### جداسازی بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی

در این مرحله، محلول‌های ۲ درصد صمغ فارسی پس از تهیه به فالکون‌های پلاستیکی منتقل شدند. سپس بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی با استفاده از سانتریفیوژ (Kubota، مدل ۶۹۰۰، ژاپن)، در شتاب‌های ۴۲۰۰، ۶۵۰۰، ۸۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه و دمای ۲۵ درجه سلسیوس و هم‌چنین در شتاب ۱۷۰۰ و مدت ۳ ساعت، با استفاده از سانتریفیوژ (Eppendorf، مدل ۵۸۱۰R، آلمان) جداسازی شدند. در مرحله‌ی بعد، هر یک از بخش‌ها به طور دستی جداسازی و پس از اندازه‌گیری وزن فازها، میزان ماده خشک آن‌ها توسط آون (EHRET، مدل TKL 4105، آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (Horwitz, 2002).

#### روش تهیه پاستیل ژلاتین/صمغ فارسی و ژلاتین/کندر

برای این منظور مطابق دستورالعمل تهیه پاستیل (Johnston-Banks, 1990; DeMars & Ziegler, 2001)، ژلاتین مورد نیاز (جدول ۱) پس از توزین در آب مقطر (حداقل دو برابر وزن ژلاتین) حل شد. برای اختلاط بهتر از همزن مغناطیسی استفاده شد. سپس مخلوط حاصل به‌منظور خارج کردن حباب‌های هوا و شفاف شدن در حمام آب گرم (۷۰ درجه سلسیوس) قرار داده شد. آنگاه پودر صمغ فارسی و یا فازهای محلول و نامحلول آن (که از سانتریفیوژ محلول ۵ درصد صمغ

برهم‌کنش بسپارهای زیستی در توسعه محصولات و فرآورده‌های غذایی جدید، مطالعاتی در مورد سامانه‌های مخلوط پلی‌ساکارید-ژلاتین صورت گرفته است. ولی از آنجایی‌که اساساً هنگام اختلاط هیدروکلوئیدها با یکدیگر، امکان انجام واکنش‌های مختلف (مطلوب یا نامطلوب) وجود دارد؛ لذا، معمولاً برای دستیابی به ویژگی‌های مشخص و تعریف شده به مخلوط‌های پیچیده‌ای نیاز می‌باشد. بنابراین، در بررسی حاضر تاثیر افزودن صمغ فارسی (به‌عنوان نوعی صمغ بومی، طبیعی و ارزان قیمت) به‌صورت کامل و بخش‌های محلول و نامحلول آن به‌جای بخشی از ژلاتین و استفاده از پودر کندر برای تولید نوعی پاستیل فراسودمند روی برخی ویژگی‌های بافتی، مکانیکی و چسبایی مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### مواد

در این پژوهش از ژلاتین گرانولی نوع B (بلوم ۲۶۰-۲۴۰، شرکت فرآورده‌های دارویی ژلاتین حلال، قزوین)، شکر (شرکت قند و شکر ایران)، پودر دکستروز تک آب و گلوکز مایع تهیه شده با روش آنزیمی با DE۴۰ (شرکت دکستروز ایران، تهران)، اسید سیتریک تک‌آبه (BBCA Biochemical، چین)، رنگ آلبالویی کارمین (Proquimac Co، اسپانیا) و اسانس آلبالو (FM02316 آروم‌سا، ترکیه) استفاده گردید. صمغ فارسی، کندر، پودر نشاسته ذرت نیز از فروشگاه‌های سنتی (عطاری) و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مواد شیمیایی مرک آلمان (Merck Chemical Co., Germany) خریداری شدند.

### روش‌ها

#### تهیه محلول‌های صمغ فارسی با غلظت‌های مختلف از پودر صمغ و شکر

ابتدا کلوخه‌های صمغ فارسی به وسیله آسیاب خانگی (Moulinex، ساخت کشور ایتالیا) پودر شد و پس از عبور دادن از سری الک‌ها (شرکت الک آزمایشگاهی دماوند، تهران)، ذرات زیر مش ۶۰ جمع‌آوری و در ظرف در بسته نگاهداری شدند. برای تهیه پودر کندر نیز کلوخه‌های کندر با استفاده از هاون چینی آسیاب شده و پس از عبور از سری الک‌ها، ذرات باقی‌مانده روی مش ۲۷۰ جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفتند.

در مرحله‌ی بعد برای تهیه محلول‌های صمغ فارسی، پودر صمغ به میزان لازم برای تهیه محلول‌های ۱ تا ۱۰ درصد وزنی-وزنی توسط ترازو (Tecator، ساخت کشور سوئیس) توزین شد و به تدریج به بشر حاوی آب مقطر که روی همزن مغناطیسی

چسبنده نامحلولی در می‌آید، لذا پودر کندر پس از سرد کردن محلول‌های ژلاتینی به آن‌ها اضافه شد.

در مرحله بعد برای تهیه محلول قندی، گلوکز مایع، پودر دکستروز تک‌آبه و شکر به ترتیب در مقادیر ۱۵، ۱۵ و ۳۵ گرم (برای تهیه ۱۰۰ گرم پاستیل و در تمامی فرمولاسیون‌ها) به حدود ۵ الی ۸ گرم آب مقطر اضافه و این مخلوط روی همزن مغناطیسی تا رسیدن به دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد تا محلول قندی شفاف و غلیظی با بریکس حدود ۸۰ تهیه گردد. در صورت ادامه حرارت‌دهی، محلول قندی کاراملی شده و قابل استفاده نخواهد بود. آن‌گاه محلول ژلاتینی (حاوی صمغ فارسی و یا کندر) را به محلول قندی (دمای زیر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) اضافه و مخلوط حاصله مجدداً در حمام آب‌گرم با دمای ۶۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا حباب‌های هوا حذف شده و مخلوط کاملاً یکدست شود. پس از اختلاط کامل محلول ژلاتینی و قندی، برای رسیدن به pH  $3.35 \pm 0.05$  مقدار ۱/۵ گرم اسید سیتریک (محلول ۵۰ درصد وزنی/وزنی)، ۰/۰۳ گرم رنگ آلبالویی و ۰/۰۷ گرم اسانس آلبالو (به ازای ۱۰۰ گرم پاستیل و به تمامی فرمولاسیون‌ها) اضافه و به آرامی مخلوط شدند تا از ایجاد حباب‌های هوا جلوگیری شود.

فارسی در ۸۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه تهیه شده بودند) در مقادیر ۴/۵ و ۲/۶۸ درصد (به ترتیب معادل با ماده خشک ۳ و ۴/۵ گرم صمغ فارسی) طبق فرمولاسیون مورد نظر (جدول ۱) به طور تدریجی و یکنواخت به محلول ژلاتینی اضافه گردید. لازم به ذکر است که به دلیل ناشناخته بودن خواص صمغ فارسی از کمینه فرآیندهای دمایی استفاده شد. نمونه‌ها به ترتیب با کدهای  $G_{10}$ ,  $G_9P_1$ ,  $G_8P_2$ ,  $G_7P_3$ ,  $G_6P_4$ ,  $G_7P_{4.5}$ ,  $G_7S_{2.68}$ ,  $G_7S_{4.02}$ ,  $G_7IS_{2.68}$  و  $G_7IS_{4.02}$  (G مخفف Gelatin P مخفف Persian gum, S و IS به ترتیب مخفف بخش‌های محلول و نامحلول صمغ فارسی و اعداد نیز بیانگر درصد هر یک از بخش‌ها در نمونه‌ها هستند) نامگذاری شدند (مطابق جدول ۱).

برای تهیه پاستیل‌های ژلاتین/کندر نیز مطابق روش فوق مقادیر صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ گرم پودر کندر (برای تهیه ۱۰۰ گرم پاستیل) توزین و به محلول‌های ژلاتینی حاوی ۱۰ گرم ژلاتین اضافه و به ترتیب با اسامی  $GOL_0$ ,  $GOL_{0.1}$ ,  $GOL_{0.2}$  و  $GOL_{0.3}$  (G مخفف Gelatin, OL مخفف Olibanum gum و اعداد نیز بیانگر درصد کندر در نمونه‌ها هستند) کدگذاری شدند. لازم به ذکر است که طبق آزمایش‌های اولیه مشاهده شد که پودر کندر به حرارت حساس بوده و در صورتی که محلول ژلاتینی دارای دمای بالایی باشد، این صمغ کاملاً به صورت توده

جدول ۱- نسبت برخی اجزای پاستیل ژلاتین/صمغ فارسی (برای تهیه ۱۰۰ گرم پاستیل)

مواد	G	G <sub>9</sub> P	G <sub>8</sub> P	G <sub>7</sub> P	G <sub>6</sub> P	G <sub>7</sub> P	G <sub>7</sub> S <sub>2.68</sub>	G <sub>7</sub> S <sub>4.02</sub>	G <sub>7</sub> IS <sub>2.68</sub>	G <sub>7</sub> IS <sub>4.02</sub>
پودر ژلاتین (گرم)	۱۰	۹	۸	۷	۶	۷	۷	۷	۷	۷
پودر صمغ فارسی (گرم)	-	۱	۲	۳	۴	۴/۵	-	-	-	-
فاز محلول صمغ فارسی (ماده خشک برحسب گرم)	-	-	-	-	-	-	۲/۶۸	۴/۰۲	-	-
فاز نامحلول صمغ فارسی (ماده خشک برحسب گرم)	-	-	-	-	-	-	-	-	۲/۶۸	۴/۰۲

نمونه‌ها با مقدار بسیار ناچیزی روغن مایع خوراکی آغشته شدند.

#### آزمون مکانیکی

برای انجام آزمون مکانیکی از نوع کششی، از دستگاه عمومی آزمون مواد (UTM) (Zwick آلمان) بالودسل (load cell) ۱۰۰ نیوتن استفاده شد. نمونه‌های پاستیل بین دو فک بالا (متحرک) و پایین (ثابت) محکم شدند به طوری که ۱ سانتی‌متر از طرفین پاستیل در فک‌ها قرار گرفتند. سپس فک بالا با سرعت ۵۰ میلی‌متر در دقیقه به حرکت در آمد. عمل کشیده شدن پاستیل‌ها تا نقطه‌ی شکست (fracture) یا پاره شدن ادامه یافت. آن‌گاه نمودار کششی نمونه‌ها بر حسب تنش (stress) در مقابل کرنش (strain) رسم و کرنش بیشینه، تنش بیشینه، ضریب کشسانی یا ضریب یانگ (Young's modulus)، میزان کار یا انرژی استخراج و محاسبه شدند. آزمون فوق برای هر نمونه حداقل در سه تکرار انجام گردید (Abbasi & Rahimi, 2007).

برای شکل‌دهی پاستیل‌ها از قالب‌های نشاسته‌ای استفاده شد که برای تهیه آن، در ابتدا پودر نشاسته در سینی‌های فلزی بزرگی پخش و سپس با اعمال فشار روی آن کاملاً متراکم و فشرده شدند. سپس با فرو کردن مکعب مستطیل‌های پلاستیکی به ابعاد  $5 \times 1 \times 3$  سانتی‌متر (برای آزمون چشایی) و  $5 \times 1 \times 7$  سانتی‌متر (برای آزمون مکانیکی)، قالب‌های مورد نظر ایجاد و محلول پاستیل آماده شده به صورت گرم داخل قالب‌ها ریخته شد. سپس سینی فوق، حاوی نشاسته و پاستیل، به مدت ۲۴ ساعت در آون (۳۷ درجه سلسیوس) قرار داده شد. پس از آن پاستیل‌ها با دست از قالب نشاسته خارج و بقایای ذرات نشاسته با استفاده از برس از روی آن‌ها کاملاً پاک و جدا گردید. سپس پاستیل‌ها کدگذاری و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط نگاه‌داری شدند. در انتها به دلیل عدم دسترسی به روغن براق‌کننده برای شفاف‌سازی و بهبود وضعیت ظاهری پاستیل‌ها،

غلظت‌های بالاتر، این جداسازی به سختی قابل انجام بود. از آنجایی که محلول ۱۰ درصد صمغ نسبتاً سفت ولی چسبنده بود و در صورت ریخته شدن در قالب‌های پلاستیکی، شکل‌پذیری بسیار کمی نیز داشت، لذا، برای بررسی تاثیر افزایش غلظت صمغ در ژله‌ای شدن، محلول ۱۵ درصد صمغ نیز تهیه شد. ولی این محلول نیز علیرغم غلظت و چسبناکی زیاد، همچنان شکل‌پذیری کمی داشت و هنگام انتقال به قالب به مقدار زیادی به دیواره قالب می‌چسبید.

با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت صمغ فارسی قادر به تشکیل ژل واقعی نبوده و در غلظت‌های پایین (کمتر از ۵ درصد) به یک بخش نامحلول کدر و خمیری شکل (ژل ضعیف) و همچنین یک بخش محلول و شفاف تقسیم می‌شود. شاید بتوان گفت در غلظت‌های پایین، مقداری از آب مورد استفاده به وسیله صمغ جذب شده و مابقی آن به صورت فاز محلول شفاف ظاهر می‌شود. در حالی که در غلظت‌های بالاتر (بیش از ۵ درصد)، مقدار آب جذب شده توسط صمغ بیشتر بوده و شبکه ایجاد شده نیز حجیم‌تر است، به طوری که مابقی آب را نیز در خود حبس کرده و دیگر فاز محلول مشاهده نمی‌شود؛ ولی با اعمال نیروی سانتریفیوژ به علت ضعیف بودن ساختار شبکه و یا پیوندهای موجود بین آب و شبکه، فاز محلول از نامحلول جدا شده و قابل جداسازی است. در غلظت‌های خیلی بالا (بیش از ۱۰ درصد) احتمالاً به علت کم شدن سهم آب در مخلوط و افزایش آب جذب شده توسط صمغ، شبکه محکم و پایداری ایجاد می‌گردد که در این حالت حتی با اعمال نیروی سانتریفیوژ هم، فاز محلول قابل جداسازی نبود و فقط یک توده ژلی ضعیف مشاهده گردید. این توده ژلی و خمیری شکل، بسیار نرم و چسبناک بود و مانند ژلاتین، خواص ژل واقعی را از خود نشان نداد؛ به همین دلیل شاید نتوان از صمغ فارسی در چنین شرایطی به تنهایی در تهیه پاستیل استفاده کرد و نیاز به حضور صمغی دیگر و یا ماده کمکی دیگری باشد که بتواند شبکه ژلی محکم و پایداری ایجاد نماید.

در ادامه بررسی حاضر، تاثیر میزان ساکارز بر تشکیل ژل واقعی در محلول غلیظی از صمغ فارسی (۱۵ درصد) مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات نشان دادند گرچه با افزایش میزان شکر، بافت سفتی ایجاد گردید ولی ژل حاصله همچنان خمیری و چسبناک بوده و پس از خروج از قالب، شکل‌پذیری مطلوبی از خود نشان نداد. در هر صورت صمغ فارسی در حضور ۳۵ درصد شکر، بیشینه مجاز در تهیه پاستیل مطابق با تعریف استاندارد ملی ایران، (ISIRI, 1998) هم نتوانست ژل واقعی تشکیل بدهد. البته از آنجایی که مخلوط شکر و صمغ فارسی، سفتی بیشتر و

## آزمون چشایی

برخی از ویژگی‌های حسی پاستیل‌ها نظیر شفافیت ظاهری، طعم، قابلیت جویدن، چسبناکی، بافت و قابلیت پذیرش کلی، با هدف مقایسه چندین نمونه بر اساس یک ویژگی، در چارچوب آزمون رتبه‌بندی (ranking test) با اختصاص رتبه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب معادل بسیار بد، بد، معمولی، خوب و بسیار خوب، توسط ۱۰ ارزیاب آموزش دیده (۳ مرد و ۷ زن، در محدوده سنی ۳۰-۲۳ سال) ارزیابی شدند. برای این منظور، نمونه‌های کدگذاری شده (ابعاد ۳×۱×۰/۵ سانتی‌متر) به همراه آب آشامیدنی در طی چند ساعت در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند تا آن‌ها را از لحاظ ویژگی‌های اشاره شده مورد ارزیابی حسی قرار دهند (Meilgaard *et al.*, 1999).

## تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری اختلاف بین داده‌های آزمون کوشی از نرم‌افزار آماری SPSS 16.0 تحت ویندوز و روش آنالیز واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) استفاده و در صورت معنادار بودن تفاوت‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۹ ( $p < 0/01$ ) از روش اختلاف معناداری حداقل (LSD) برای مقایسه چندگانه استفاده شد. برای ارزیابی مقادیر صفات حسی به دست آمده از آزمون رتبه‌بندی نیز از نرم‌افزار آماری SPSS 16.0 تحت ویندوز و روش آزمون فریدمن (Friedman's test) استفاده و میانگین نتایج رتبه‌بندی نمونه‌ها نیز تعیین گردید (Meilgaard *et al.*, 1999). برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL تحت ویندوز استفاده شد.

## یافته‌ها و بحث

### تاثیر غلظت و شکر در ژله‌ای شدن صمغ فارسی

با توجه به نبود اطلاعات در مورد صمغ فارسی و قابلیت ژله‌ای شدن آن، بهتر است قبل از بیان یافته‌های مربوط به میزان جایگزینی این صمغ در فرمولاسیون پاستیل به بررسی یافته‌ها در مورد تاثیر غلظت صمغ فارسی و شکر پرداخته شود. در این ارتباط باید یادآور شد که در محلول‌های ۱ تا ۳ درصد صمغ فارسی با گذشت ۲۴ ساعت دوفاز شدن مشاهده شد که با افزایش درصد صمغ مقدار بخش محلول یا شفاف کاهش یافت. در غلظت‌های بیش از ۳ درصد، دو فاز شدن مشاهده نگردید ولی در عوض مخلوط یکنواخت، کدر و خمیرمانندی ایجاد شد که با افزایش درصد صمغ، سیالیت آن کاهش و سفتی آن افزایش یافت. در ضمن، در غلظت‌های تا ۵ درصد جداسازی دوفاز با کمک سانتریفیوژ در شتاب‌های ۸۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه و ۱۷۰۰g به مدت ۳ ساعت امکان‌پذیر بود، ولی در

که اجازه خروج آب از شبکه حتی در شرایط سانتریفیوژ و اعمال نیروی زیاد را نمی‌دهد. در مورد کتیرا نیز گزارش شده است که در غلظت‌های بیشتر از ۱ درصد به دلیل زیاد بودن مقدار باسورین و تشکیل ژل قوی، بخش محلول در شبکه ژل درگیر شده و در نتیجه جدا کردن دو فاز با سانتریفیوژ مشکل می‌گردد (Azarikia & Abbasi, 2010). بنابراین، در ادامه بررسی حاضر برای جداسازی فازهای محلول و نامحلول صمغ فارسی و بررسی تاثیر افزودن آن‌ها روی ویژگی‌های پاستیل از شتاب  $8000g$  به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. درحالی‌که در مورد صمغ کتیرا شتاب  $1700g$  و مدت زمان ۳ ساعت برای جداسازی بهینه فازهای محلول و نامحلول پیشنهاد شده است (Azarikia et al., 2009).

در ضمن، با توجه به یافته‌های جدول (۲) به طور کلی می‌توان گفت که سهم فازهای نامحلول و محلول در غلظت ۲٪ و در شتاب‌های مختلف به ترتیب مابین ۷۲-۷۰ درصد و ۲۸-۳۰ درصد می‌باشد؛ درحالی‌که در رابطه با کتیرا سهم این فازها به ترتیب ۷۰-۶۰ درصد و ۴۰-۳۰ درصد گزارش شده است (Azarikia, et al., 2009).

#### تاثیر صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن روی ویژگی‌های مکانیکی پاستیل

به طور کلی به نظر می‌رسد که آزمون‌های کششی روشی مناسب برای اندازه‌گیری و ارزیابی چسبناکی یا چسبندگی مواد غذایی باشند (Abbasi & Rahimi, 2007). در ضمن، عنوان شده که بافت ژل‌های مخلوط را می‌توان با اندازه‌گیری خواص شکست آنها ارزیابی کرد (DeMars & Ziegler, 2001). به همین دلیل برای ارزیابی تاثیر جایگزینی صمغ فارسی و اجزای آن روی ویژگی‌های مکانیکی، آزمون کششی انجام و میانگین مقادیر مربوط به ضریب یانگ (مدول الاستیسیته)، کشیدگی در نقطه شکست، مقاومت کششی و کار تا نقطه شکست نمونه‌ها در جدول (۳) نشان داده شده اند. لازم به ذکر است که چون نمونه  $G_6P_4$  در دمای محیط نرم بود و با قرارگیری روی دستگاه سریعاً پاره شد بنابراین، هیچ گونه اطلاعاتی برای آن ثبت نشد. در شکل (۱) نیز تاثیر جایگزین نمودن ژلاتین با مقادیر مختلفی از صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن و همچنین کندر روی نمودار تنش-کرنش نشان داده شده است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود حضور این مواد سبب بروز تغییرات فاحش در طول نمودار، شیب نمودار، نقطه شکست و روند تغییرات تنش-کرنش شده است.

چسبناکی کمتری نسبت به حالت عدم حضور شکر داشت، شاید بتوان گفت حضور شکر، علاوه بر افزایش مواد جامد خشک، سبب ایجاد پیوندهایی بین شبکه خمیری نامحلول شده و یا اینکه شرایط محیطی را طوری تغییر داده که قسمت‌های مختلف شبکه بهتر بتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. شایان ذکر است که این یافته‌ها قطعاً دلیلی بر عدم توانایی این صمغ در ایجاد ژل در شرایط دیگر نظیر حضور یون‌های فلزی، pHهای مختلف و یا شرایط دمایی متفاوت نمی‌باشد. بنابراین، امکان انجام پژوهش در آن زمینه هم‌چنان وجود دارد.

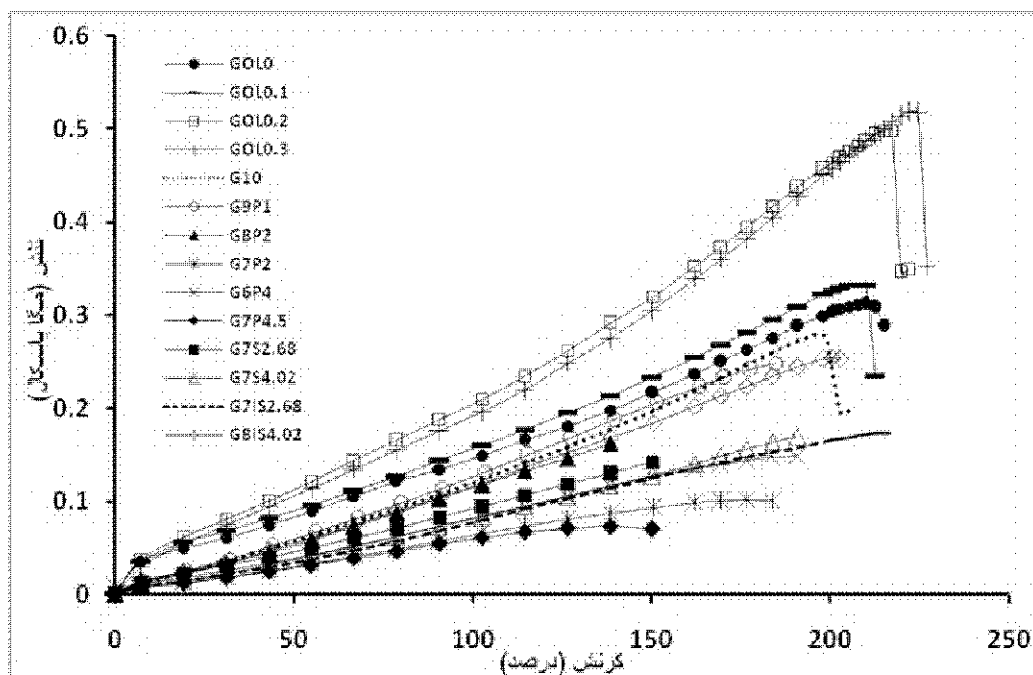
به جرات شاید بتوان گفت که در تهیه اغلب فرآورده‌های قنادی از شکر و انواع دیگر قندها استفاده می‌شود که این مواد علاوه بر طعم، ویژگی‌های بافتی و ژله‌ای شدن را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. به گونه‌ای که در رابطه با ژلاتین، تاثیر مثبت وجود شکر بر بهبود زمان سفت شدن، دمای ذوب و قدرت ژل گزارش شده است. در ژل آگار هم بیشترین سفتی و قدرت ژل با افزودن ۶۰ درصد شکر و بیش‌ترین کشسانی در حضور ۶۵ درصد شکر به دست آمده است. لازم به ذکر است که افزودن شکر حتی شفافیت ژل آگار را نیز تحت تاثیر قرار داده و نوع قند مورد استفاده بر میزان آزادسازی طعم نیز موثر بود (Lubbers & Guichard, 2003). حضور گلوکز مایع نیز در مقادیر کم در ژل ژلاتین، همانند شکر عمل کرده ولی در مقادیر زیادتر سبب نرم شدن بافت می‌شود (Johnston-Banks, 1990).

#### تاثیر شرایط سانتریفیوژ و غلظت صمغ فارسی بر میزان جداسازی فازهای محلول و نامحلول

نتایج به دست آمده از اعمال سانتریفیوژ با شتاب‌های  $g$  ۱۷۰۰ تا ۱۴۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه نشان داد که فازهای محلول و نامحلول جدا شده در تمامی شتاب‌ها تفاوت قابل توجهی از نظر مقدار هر یک از فازها (حدود ۲۸ تا ۳۰ سی سی فاز محلول و ۱۰ تا ۱۲ سی سی فاز نامحلول از ۴۰ سی سی محلول اولیه)، وزن ماده خشک در هر فاز و همچنین شفافیت ظاهری (مشاهده چشمی) نداشتند. بنابراین، در مرحله بعد تاثیر هم‌زمان غلظت صمغ و شتاب متوسط ( $8000g$  به مدت ۱۵ دقیقه) با شتاب کم ( $1700g$  به مدت ۳ ساعت) در جداسازی فازها مورد مقایسه قرار گرفتند. یافته‌ها نشان دادند بین زمان طولانی با شتاب کم و زمان کوتاه با شتاب متوسط تفاوتی از نظر مقدار هر یک از فازهای محلول و نامحلول، میزان ماده خشک و شفافیت وجود نداشت. ولی با افزایش غلظت صمغ، مقدار فاز محلول کاهش و فاز نامحلول افزایش یافت (جدول ۲). همان‌طور که اشاره شد، دلیل این امر شاید جذب مقدار بیشتر آب در غلظت‌های بالاتر صمغ و تشکیل شبکه محکم و پایداری باشد

جدول ۲- تاثیر شرایط مختلف سانتریفیوژ و غلظت صمغ فارسی روی میزان جداسازی فازهای محلول و نامحلول و مواد خشک هر یک از آنها

غلظت (درصد)	ماده خشک (گرم)	شتاب (g) و مدت (دقیقه)	فاز محلول (گرم)	فاز نامحلول (گرم)	ماده خشک فاز محلول (گرم)	ماده خشک فاز نامحلول (گرم)
۲	۱/۷۴±۰/۱۳	۸۰۰۰	۷۰/۱۳ <sup>a</sup>	۲۹/۶۸ <sup>d</sup>	۰/۴۲ <sup>d</sup>	۱/۳۳ <sup>d</sup>
		۱۵	۷۲/۲۳ <sup>a</sup>	۲۷/۶۷ <sup>d</sup>	۰/۳۸ <sup>d</sup>	۱/۲۸ <sup>d</sup>
		۱۸۰	۵۸/۴۶ <sup>b</sup>	۴۱/۵۴ <sup>e</sup>	۰/۵۷ <sup>c</sup>	۲/۱۳ <sup>c</sup>
۳	۲/۷۰±۰/۵۳	۸۰۰۰	۵۹/۴۲ <sup>b</sup>	۴۰/۵۸ <sup>e</sup>	۰/۵۹ <sup>c</sup>	۲/۱۳ <sup>c</sup>
		۱۵	۵۳/۰۶ <sup>c</sup>	۴۶/۹۴ <sup>b</sup>	۰/۷۷ <sup>b</sup>	۲/۸۱ <sup>b</sup>
		۱۸۰	۵۴/۰۵ <sup>c</sup>	۴۵/۹۵ <sup>b</sup>	۰/۷۸ <sup>b</sup>	۲/۷۴ <sup>b</sup>
۴	۳/۵۴±۰/۴۴	۸۰۰۰	۵۱/۱۳ <sup>d</sup>	۴۸/۸۷ <sup>a</sup>	۰/۹۶ <sup>a</sup>	۳/۲۸ <sup>a</sup>
		۱۵	۵۱/۲۹ <sup>d</sup>	۴۸/۷۹ <sup>a</sup>	۰/۹۶ <sup>a</sup>	۳/۲۴ <sup>a</sup>
		۱۸۰				

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ ).

شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ فارسی و کندر روی نمودار کششی تنش- کرنش نمونه‌های پاستیل

G مخفف Gelatin، P مخفف Persian gum، S و IS به ترتیب مخفف بخش های محلول و نامحلول صمغ فارسی و اعداد نیز بیانگر درصد هر یک از بخش‌ها در نمونه‌ها هستند)

یانگ نمونه‌های حاوی بخش نامحلول (نمونه‌های  $G_7IS_{2.68}$  و  $G_7IS_{4.02}$ ) افزایش یافت؛ به طوری که مقدار ضریب یانگ در نمونه  $G_7IS_{4.02}$  معادل نمونه شاهد بود. به این ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حضور همزمان بخش‌های محلول و نامحلول و یا بخش محلول به تنهایی سبب کاهش قابل ملاحظه در میزان سفتی نمونه‌های پاستیل شد. با توجه به اطلاعات ارائه

همان گونه که در جدول (۳) و شکل (۱) مشاهده می‌شود در نمونه‌های  $G_{10}$  تا  $G_{7P_{4.5}}$ ، به ترتیب با افزایش مقدار صمغ فارسی از ۰ تا ۴/۵ درصد، میزان ضریب یانگ یا مدول الاستیسیته که می‌تواند معیاری از سفتی نمونه‌ها باشد، کاهش یافت. تقریباً همین روند در نمونه‌های حاوی بخش محلول ( $G_{7S_{4.02}}$  و  $G_{7S_{2.68}}$ ) نیز دیده شد. در حالی که، میزان ضریب

مورد نظر یعنی ضریب الاستیسیته، کشیدگی در نقطه شکست، مقاومت کششی و میزان کار تا نقطه شکست به طور معنی داری افزایش یافتند. دو نمونه  $GOL_0$  و  $GOL_{0.1}$  از لحاظ ویژگی‌های مکانیکی تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند، یعنی استفاده از کندر تا ۰/۱ درصد هیچ گونه تغییری در خواص کششی آن ایجاد نکرد. از طرف دیگر، نمونه‌های  $GOL_{0.2}$  و  $GOL_{0.3}$  از لحاظ مقدار ضریب کشسانی و مقاومت کششی تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند ولی با نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد کندر ( $GOL_{0.1}$ ) و یا نمونه شاهد ( $GOL_0$ ) متفاوت بودند. بنابراین، کندر در غلظت‌های بالای ۰/۲ درصد سفتی فرآورده نهایی را افزایش داد. نمونه‌های  $GOL_{0.2}$  و  $GOL_{0.3}$  از نظر درصد کشیدگی در نقطه شکست، کار تا نقطه شکست و درصد افزایش طول با یکدیگر اختلاف معنادار داشتند به طوری که میزان این ویژگی‌ها برای نمونه  $GOL_{0.3}$  بسیار بیشتر از بقیه نمونه‌ها بود. در رابطه با توجیه این رفتارها شاید بتوان گفت با توجه به یافته‌های این بررسی، اولاً کندر به تنهایی حتی در غلظت‌های بالا نیز اصلاً قادر به تشکیل ژل و یا توده خمیری نبوده بلکه به صورت محلول زردرنگی در آب حل می‌شود. دوماً، میزان کندر اضافه شده به پاستیل در مقایسه با ژلاتین بسیار کم می‌باشد ولی شاید بتوان علت افزایش ویژگی‌های مکانیکی پاستیل‌های ژلاتین/کندر را اولاً تاحدودی به افزایش جزئی میزان ماده خشک نسبت داد. دوماً، چون معمولاً حضور همزمان بسپارهای ناسازگار سبب تغلیظ یکدیگر می‌شوند و در چنین حالتی، هر بسپار به گونه‌ای رفتار می‌کند که اگر غلیظ‌تر می‌شد، آن چنان رفتار می‌کرد، لذا افزودن مقدار کمی هیدروکلوئید می‌تواند مدول الاستیسیته ژل را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (Fonkwe *et al.*, 2003).

اصولاً برای مقدار معینی از ماده، کار انجام شده تا نقطه شکست که معادل سطح زیر نمودار تنش-کرنش است را چگرمگی (toughness) می‌نامند که اغلب در ماتریکس‌های بسپاری با افزایش میزان پیوندهای عرضی، میزان چگرمگی افزایش می‌یابد. احتمالاً به همین دلیل یا دلایل پیش گفته شده، با افزایش میزان کندر به نمونه‌های پاستیل میزان چگرمگی آن‌ها افزایش یافته است (Mohsenin, 1970).

**تاثیر صمغ فارسی و کندر روی برخی ویژگی‌های حسی پاستیل**  
 اساساً به 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 بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه انواع غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می‌باشد (Abbasi & Rahimi, 2007).

شده شاید بتوان گفت که رفتار صمغ فارسی و بخش محلول آن همانند پکتین و کاراگینان بوده و حضور آن‌ها سبب کاهش سفتی ژل ژلاتین شد (Schrieber & Gareis, 2007; DeMars & Zienger, 2001). احتمالاً این مواد شکل‌گیری شبکه ژلی ژلاتین را تحت تاثیر قرار داده و با وارد شدن در شبکه ژل ژلاتین و شکستن برخی پیوندها و از طرفی ایجاد پیوندهای ضعیف با آن سبب کاهش سفتی می‌گردند. درحالی‌که بخش نامحلول به‌تنهایی در غلظت‌های ۲/۶۸ و ۴/۰۲ درصد سبب بروز تغییر چندانی در میزان سفتی نشد. به عبارتی می‌توان با جایگزین نمودن حدود ۴۰ درصد ژلاتین با بخش نامحلول صمغ فارسی، پاستیلی تهیه کرد که ویژگی‌های مکانیکی آن بسیار مشابه نمونه شاهد است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که بخش نامحلول صمغ فارسی مانند آگار و ژلان سبب افزایش سفتی ژل ژلاتین می‌شود (Schrieber & Gareis, 2007).

دیگر متغیرهای مورد اندازه‌گیری نظیر قابلیت کشش یا کشیدگی در نقطه شکست (elongation at break)، مقاومت کششی، کار تا نقطه شکست و افزایش طول نیز با جایگزینی صمغ فارسی و بخش محلول آن به جای ژلاتین کاهش معنی داری را نشان دادند. اما همانند ضریب یانگ، در حضور ۴/۰۲ درصد از بخش نامحلول ( $G_7IS_{4.02}$ ) مقادیر این شاخص‌ها حتی از نمونه شاهد (نمونه  $G_{10}$ ) نیز بیش تر بود.

جدول ۳- تاثیر جایگزینی ژلاتین با نسبت‌های مختلف صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن روی میانگین برخی متغیرهای مکانیکی پاستیل

نمونه	مدول الاستیسیته (پاسکال)	کشیدگی در نقطه شکست (درصد)	مقاومت کششی (پاسکال)	کار تا نقطه شکست (ژول)	افزایش طول (درصد)
$G_{10}$	۳۰ <sup>a</sup>	۲۰۰/۴۷ <sup>c</sup>	۲۷×۱۰ <sup>۴a</sup>	۱/۸۹ <sup>a</sup>	۲۰۰/۱۰ <sup>bc</sup>
$G_0P_1$	۳۰ <sup>a</sup>	۱۸۶/۹۱ <sup>e</sup>	۲۵×۱۰ <sup>۴a</sup>	۱/۶۸ <sup>c</sup>	۱۸۶/۷۶ <sup>d</sup>
$G_0P_2$	۳۰ <sup>a</sup>	۱۴۲/۶۶ <sup>h</sup>	۱۷×۱۰ <sup>۴b</sup>	۰/۸۳ <sup>f</sup>	۱۴۴/۲۹ <sup>g</sup>
$G_7P_3$	۱۰ <sup>c</sup>	۱۸۱/۵۴ <sup>f</sup>	۱۰×۱۰ <sup>۴cd</sup>	۰/۶۴ <sup>g</sup>	۱۷۸/۵۷ <sup>e</sup>
$G_0P_4$	-	-	-	-	-
$G_7P_{4.5}$	۱۰ <sup>c</sup>	۱۳۸/۱۳ <sup>i</sup>	۷/۰×۱۰ <sup>۴d</sup>	۰/۳۵ <sup>h</sup>	۱۳۸/۱۴ <sup>g</sup>
$G_7S_{2.68}$	۲۰ <sup>b</sup>	۱۵۷/۳۶ <sup>g</sup>	۱۵×۱۰ <sup>۴bc</sup>	۰/۸۲ <sup>f</sup>	۱۵۷/۱۴ <sup>f</sup>
$G_7S_{4.02}$	۲۰ <sup>b</sup>	۱۹۳/۱۱ <sup>d</sup>	۱۷×۱۰ <sup>۴b</sup>	۱/۱۵ <sup>e</sup>	۱۹۲/۸۶ <sup>cd</sup>
$G_7IS_{2.68}$	۲۰ <sup>b</sup>	۲۱۶/۸۶ <sup>a</sup>	۱۷×۱۰ <sup>۴b</sup>	۱/۳۱ <sup>d</sup>	۲۱۷/۱۴ <sup>a</sup>
$G_7IS_{4.02}$	۳۰ <sup>a</sup>	۲۰۲/۹۰ <sup>b</sup>	۲۵×۱۰ <sup>۴a</sup>	۱/۷۹ <sup>b</sup>	۲۰۱/۴۳ <sup>b</sup>

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد ( $p < 0.05$ ).

### تاثیر غلظت‌های مختلف پودر کندر روی ویژگی‌های مکانیکی پاستیل

همان‌گونه که در جدول (۴) و شکل (۱) قابل مشاهده است با افزودن کندر و با افزایش مقدار آن (از صفر تا ۰/۳ درصد) در نمونه‌های پاستیل، میزان هر چهار ویژگی کششی



جدول ۴- تاثیر غلظت‌های مختلف کندر روی میانگین برخی متغیرهای مکانیکی پاستیل

نمونه	مدول الاستیسیته (پاسکال)	کشیدگی در نقطه شکست (درصد)	مقاومت کششی (پاسکال)	کار تا نقطه شکست (ژول)	افزایش طول (درصد)
GOL <sub>0</sub>	۳۰ <sup>b</sup>	۲۲۰/۳۵۵ <sup>c</sup>	۳۱×۱۰ <sup>۴</sup> <sup>b</sup>	۱/۹۰۲ <sup>dc</sup>	۲۱۹/۴۶۴ <sup>dc</sup>
GOL <sub>0.1</sub>	۳۰ <sup>b</sup>	۲۲۰/۹۰۷ <sup>c</sup>	۳۳×۱۰ <sup>۴</sup> <sup>b</sup>	۲/۰۰۴ <sup>c</sup>	۲۱۸/۲۴۹ <sup>c</sup>
GOL <sub>0.2</sub>	۵۰ <sup>a</sup>	۲۳۰/۱۲۴ <sup>b</sup>	۵۰×۱۰ <sup>۴</sup> <sup>a</sup>	۲/۱۳۸ <sup>b</sup>	۲۳۰/۰۱۱ <sup>b</sup>
GOL <sub>0.3</sub>	۵۰ <sup>a</sup>	۲۳۴/۶۶۸ <sup>a</sup>	۵۲×۱۰ <sup>۴</sup> <sup>a</sup>	۲/۳۴۶ <sup>a</sup>	۲۳۲/۱۶۹ <sup>a</sup>

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد ( $p < 0.01$ ).

G<sub>10</sub> و G<sub>7P3</sub>، بقیه نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد نشان ندادند. البته تصور می‌شد که با افزایش مقدار صمغ فارسی تا ۴/۵ درصد (نمونه G<sub>7P4.5</sub>) از شفافیت نمونه به‌میزان زیادی کاسته شود ولی مطابق نظر ارزیاب‌ها، این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند. هرچند یافته‌های پژوهش‌های دیگر حاکی از آن است که افزودن هیدروکلونیدهای نظیر پکتین، آگار، ژلان و کاراگینان در نسبت‌های متفاوت سبب کاهش شفافیت و رنگ محلول ژلاتینی می‌گردد (Schrieber & Gareis, 2007; Johnston-Banks, 1990; DeMars & Zienger, 2001) ولی در رابطه با صمغ فارسی چنین شرایطی دیده نشد و این خود به تنهایی نکته مثبتی تلقی می‌شود.

از آنجایی‌که در بررسی حاضر نمونه‌ها از نظر شکل به صورت مکعب مستطیل بوده و نمونه‌های تجاری فاقد چنین شکلی هستند بنابراین، از نمونه تجاری برای مقایسه ویژگی‌های حسی استفاده نشد و نمونه حاوی ۱۰ درصد ژلاتین (نمونه G<sub>10</sub>) به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. میانگین امتیازات حاصل از ارزیابی برخی ویژگی‌های حسی ۱۰ نمونه پاستیل (حاوی مقادیر متنوعی از صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن) در جدول (۵) آورده شده است.

با توجه به یافته‌های این بررسی، شفافیت ظاهری نمونه شاهد به طور معناداری بیش از بقیه نمونه‌ها بود و افزودن صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن سبب کاهش جزئی این ویژگی گردید. البته در تجزیه‌های آماری، به‌جز نمونه‌های

جدول ۵- تاثیر جایگزینی ژلاتین با نسبت‌های مختلف صمغ فارسی و بخش‌های محلول و نامحلول آن روی میانگین برخی ویژگی‌های حسی پاستیل

نمونه	ویژگی‌های حسی (امتیاز از ۵)					
	شفافیت ظاهری*	طعم*	قابلیت جویدن**	چسبناکی**	بافت*	پذیرش کلی*
G <sub>10</sub>	۴/۲ <sup>a</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	۲/۸ <sup>c</sup>	۳/۷ <sup>ab</sup>	۳/۶ <sup>a</sup>	۳/۶ <sup>abd</sup>
G <sub>9P1</sub>	۳/۶ <sup>ab</sup>	۳/۵ <sup>ab</sup>	۳/۷ <sup>abc</sup>	۴ <sup>a</sup>	۳/۷ <sup>a</sup>	۳/۸ <sup>a</sup>
G <sub>8P2</sub>	۳/۵ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	۳/۸ <sup>ab</sup>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۳/۶ <sup>ad</sup>
G <sub>7P3</sub>	۳/۱ <sup>b</sup>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۱ <sup>abc</sup>	۳/۷ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۱ <sup>abcd</sup>
G <sub>6P4</sub>	۳/۶ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۸ <sup>ab</sup>	۳/۷ <sup>ab</sup>	۲/۹ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>abcd</sup>
G <sub>7P4.5</sub>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۲/۸ <sup>b</sup>	۳/۵ <sup>abc</sup>	۲/۹ <sup>b</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>	۲/۶ <sup>d</sup>
G <sub>7S2.68</sub>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۳ <sup>abc</sup>	۳/۹ <sup>a</sup>	۳/۲ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>abcd</sup>
G <sub>7S4.02</sub>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۲/۹ <sup>bc</sup>	۳/۸ <sup>ab</sup>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۲/۹ <sup>ed</sup>
G <sub>7IS2.68</sub>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۲/۹ <sup>ab</sup>	۳/۴ <sup>abc</sup>	۳/۷ <sup>ab</sup>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۳ <sup>bcd</sup>
G <sub>7IS4.02</sub>	۳/۳ <sup>ab</sup>	۲/۹ <sup>ab</sup>	۳/۲ <sup>abc</sup>	۳/۴ <sup>ab</sup>	۳/۵ <sup>ab</sup>	۲/۷ <sup>cd</sup>

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد.

\* و \*\* در هر ستون به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها در سطح ۹۵٪ اطمینان ( $p < 0.05$ ) و ۹۰٪ اطمینان ( $p < 0.1$ ) می‌باشد.

مشابه با ژل بدون اسانس داشت (Lubbers & Guichard, 2003).

از نظر قابلیت جویدن نیز هیچ گونه تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در سطح ۹۵ درصد مشاهده نشد در حالی‌که در سطح ۹۰ درصد اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های G<sub>8P2</sub> و G<sub>10</sub> و نمونه‌های G<sub>6P4</sub> و G<sub>10</sub> و نیز نمونه‌های G<sub>7S4.02</sub> و G<sub>8P2</sub> مشاهده

از نظر ویژگی طعم نیز فقط نمونه G<sub>7P4.5</sub> تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها نشان داد ( $p < 0.05$ ). در همین راستا، نتایج یک بررسی نشان داد که نوع قند بر میزان آزادسازی طعم موثر است و ژل حاوی گلوکز بالاترین شدت طعم را نسبت به ژل‌های حاوی شربت ذرت با DE<sub>۴۰</sub> و DE<sub>۶۰</sub> داشته و هم‌چنین ژل حاوی شربت ذرت با DE<sub>۴۰</sub> شدت طعمی

معنی‌داری در سطح ۹۰ درصد با نمونه‌های  $G_{10}$ ،  $G_{9P_1}$  و  $G_{8P_2}$  نشان داد.

نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  از نظر ویژگی‌های چسبناکی، بافت و پذیرش کلی کمترین امتیاز را داشته و در ویژگی‌های اخیر تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نیز داشت. در کل نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  علاوه بر مشکل انحلال صمغ در هنگام تهیه، در اکثر ویژگی‌های حسی و کششی شرایط مطلوبی نداشت ولی در مقابل، نمونه  $G_{7IS_{4.02}}$  نتایج بسیار خوبی از لحاظ ویژگی‌های حسی نشان داد. در رابطه با پاستیل‌های حاوی کندر نیز نتایج آزمون‌های حسی (جدول ۶) حاکی از آن بود که نمونه‌های ارزیابی شده از لحاظ ویژگی‌های طعم، قابلیت جویدن و چسبناکی تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نداشتند. اگرچه ارزیاب‌ها از طعم تلخ نمونه  $GOL_{0.3}$  شکایت داشتند و میانگین امتیاز آن نیز از بقیه نمونه‌ها کمتر بود ولی فقط در سطح ۹۹٪ با سایر نمونه‌ها اختلاف معنادار نشان داد و در سطح ۹۵٪ تفاوتی نداشت. از نظر شفافیت ظاهری نمونه  $GOL_{0.1}$  بالاترین رتبه را به خود اختصاص داد و از نظر بافت نیز نمونه  $GOL_{0.2}$  در مکان نخست قرار گرفت. نکته جالب توجه آن است که از نظر قابلیت پذیرش کلی به ترتیب نمونه‌های حاوی ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ درصد صمغ کندر و در نهایت نیز نمونه عاری از کندر قرار گرفتند و ارزیاب‌ها به نمونه‌های حاوی کندر رتبه بالاتری نسبت به پاستیل‌های ژلاتینی خالص داده بودند. بدین ترتیب می‌توان اظهار نظر کرد که می‌توان از صمغ کندر در غلظت‌های کم تر از ۰/۳ درصد بدون ایجاد هیچ گونه مشکلی از لحاظ خواص مکانیکی استفاده نمود که طعم تلخ آن نیز نزد مصرف‌کننده محسوس نخواهد بود.

شد. در ضمن، امتیاز قابلیت جویدن نمونه شاهد کمتر از نمونه‌های دیگر بود و نمونه‌هایی که ژلاتین کمتر و در نتیجه بافت نرم‌تری داشتند، توسط ارزیاب‌ها مطلوب‌تر تشخیص داده شدند. نمونه‌های  $G_{8P_2}$  و  $G_{6P_4}$  به ترتیب با ۲ و ۴ درصد صمغ فارسی بالاترین امتیاز را از نظر قابلیت جویدن دارا بودند.

از نظر ویژگی چسبناکی تصور می‌شد که به علت چسبندگی بودن محلول صمغ فارسی، افزودن این صمغ سبب افزایش چسبناکی شود ولی نتایج نشان دادند که میانگین امتیاز این ویژگی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد نداشته و تنها بین نمونه‌های  $G_{9P_1}$  و  $G_{7P_{4.5}}$  و نیز  $G_{7P_{4.5}}$  و  $G_{7S_{2.68}}$  اختلاف در سطح ۹۰ درصد مشاهده شد. نمونه‌های  $G_{9P_1}$  و  $G_{7P_{4.5}}$  به ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز را دارا بودند. در رابطه با ویژگی بافت نیز نمونه حاوی ۴/۵ درصد صمغ فارسی و ۷ درصد ژلاتین با نمونه‌های  $G_{10}$  و  $G_{9P_1}$  تفاوت معنی‌داری را نشان داد و کمترین میانگین امتیاز را نیز داشت، یعنی از لحاظ بافت مطلوب نبود. دو نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  و  $G_{6P_4}$  بالاترین درصد صمغ فارسی و در ضمن کمترین میانگین امتیاز را در بین نمونه‌ها داشتند و این نتیجه با مطالعاتی که در مورد سایر هیدروکلوئیدها (به جز آگار) صورت گرفته مطابقت دارد (Schrieber & Gareis, 2007).

در رابطه با قابلیت پذیرش کلی نیز، نمونه  $G_{9P_1}$  بالاترین و نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  پایین‌ترین امتیاز را دارا بودند. به طور کلی، بالاترین مجموع امتیاز کسب شده به ترتیب به نمونه‌های  $G_{9P_1}$ ،  $G_{10}$  و  $G_{8P_2}$  (به ترتیب حاوی ۱، ۰ و ۲ درصد صمغ فارسی) و پایین‌ترین امتیاز نیز به نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  (حاوی ۴/۵ درصد صمغ) تعلق داشت. از نظر امتیاز کلی نیز نمونه  $G_{7P_{4.5}}$  تفاوت

جدول ۶- تاثیر افزودن نسبت‌های مختلف پودر کندر روی میانگین برخی ویژگی‌های حسی پاستیل

نمونه	ویژگی‌های حسی (امتیاز از ۵)					
	شفافیت ظاهری*	طعم***	قابلیت جویدن***	چسبناکی***	بافت*	پذیرش کلی*
$GOL_0$	۲/۰ <sup>c</sup>	۳/۰ <sup>a</sup>	۱/۹ <sup>c</sup>	۳/۳ <sup>a</sup>	۲/۰ <sup>c</sup>	۱/۹ <sup>b</sup>
$GOL_{0.1}$	۳/۵ <sup>a</sup>	۲/۸ <sup>ab</sup>	۲/۴ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۹ <sup>a</sup>
$GOL_{0.2}$	۲/۹ <sup>b</sup>	۲/۸ <sup>ab</sup>	۲/۶ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>a</sup>	۲/۷ <sup>a</sup>
$GOL_{0.3}$	۲/۲ <sup>c</sup>	۲/۱ <sup>c</sup>	۲/۲ <sup>b</sup>	۳/۰ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>b</sup>	۲/۰ <sup>b</sup>

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد.

\* و \*\* در هر ستون به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها در سطح ۹۵٪ اطمینان ( $p < 0.05$ ) و ۹۰٪ اطمینان ( $p < 0.1$ ) می‌باشد.

گردید. درحالی‌که با استفاده از بخش نامحلول این صمغ، بافت و ویژگی‌های حسی شباهت بسیار زیادی به نمونه شاهد داشت و حتی بسیار بهتر از آن ارزیابی شد. به طور کلی، با توجه به قیمت پایین این صمغ و با توجه به نتایج این بررسی می‌توان بخش نامحلول صمغ فارسی را به عنوان جایگزینی مناسب برای درصدی از ژلاتین در فرمولاسیون پاستیل برای تولید نوعی فرآورده فراسودمند توصیه نمود. در ضمن، بخش محلول صمغ را

### نتیجه‌گیری

با جایگزینی قسمتی از ژلاتین با صمغ فارسی تا غلظت‌های ۱ و ۲ درصد نتایج نسبتاً خوبی حاصل شد ولی با افزایش بیش‌تر آن، بافت نمونه چسبنده و نرم گردید. نتایج آزمون کششی نیز نشان داد که کاهش مقدار ژلاتین و افزایش صمغ فارسی سبب کاهش کشیدگی در نقطه شکست، قابلیت کشش، مقاومت به کشش، مدول الاستیسیته و کار انجام شده

شد. علاوه بر آن، نمونه‌های پاستیل حاوی کندر ویژگی‌های حسی مطلوبی از خود نشان دادند. بدین ترتیب می‌توان با توجه به خواص درمانی کندر، کاربرد پودر کندر را در مقادیر کمتر از ۰/۳ درصد در فرآورده‌های ژلاتینی از قبیل پاستیل برای تهیه فرآورده‌های غذایی-دارویی پیشنهاد نمود.

## REFERENCES

- Abbasi S, & Rahimi S. (2007). Introduction of an unknown local plant gum: Persian gum (Zedu gum). *Flour and Food Industry Magazine* 4, 42–51. (In Farsi)
- Aeinechi, Y. (1995). *Medical pharmacognosy and medicinal plants of Iran*. Tehran University Press: Tehran, 1041p. (In Farsi)
- Al-Ruqaie, I. M., Kasapis, S. & Abeysekera, R. (1997). Structural properties of pectin-gelatin gels. Part II: effect of sucrose/glucose syrup. *Carbohydrate Polymers*, 34, 309–321.
- Azarikia, F. & Abbasi, S. (2010). On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, 24, 358–363.
- Azarikia F, Abbasi S, & Azizi MH. (2009). Investigation of the efficiency and mechanisms of some hydrocolloids on the stabilization of Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 4 (1), 11–22. (In Farsi)
- Bhat, R., & Karim, A. A. (2009). Ultraviolet irradiation improves gel strength of fish gelatin. *Food Chemistry*, 113, 1160–1164.
- Bourne, M.C. (2007). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Translated by S Abbasi, Marzedanesh publications: Tehran, 384p. (In Farsi)
- DeMars, L. L. & Ziegler G. R. (2001). Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids*, 15, 643–653.
- Fonkwe, L. G., Narsimhan, G. & Cha, A. S. (2003). Characterization of gelation time and texture of gelatin and gelatin-polysaccharide mixed gels. *Food Hydrocolloids*, 17, 871–883.
- Hall, R. L. & Oser, B. L. (1965). Recent progress in the consideration of flavoring ingredients under the food additives amendment, III. GRAS substances. *Food Technology*, 19, 151–197.
- Hang, I. J., Draget, K. I. & Smidsord, O. (2004). Physical and rheological properties of fish gelatin compare to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18, 203–213.
- Horwitz, W. (2002). *AOAC: Official Methods of Analysis*, 17th Edition. Washington, DC: Association of Analytical Chemists.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (1998). *Gelly products: specifications and measurement*. ISIRI No 2684. Karaj. (In Farsi)
- Johnston-Banks, F. A. (1990). *Gelatin*. In: P. Harris, (Ed). *Food Gels*. Elsevier Science Publishers LTD., London and New York. pp. 233–289.
- Karim, A. A. & Bhat, R. (2008). Gelatin alternative for food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 644–656.
- Lau, M. H., Tang, J. & Paulson, A.T. (2000). Texture profile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. *Food Research International*, 33, 665–671.
- Lemenih, M., Abebe, T., & M. Olsson. (2003). Gum and resin resources from some Acacia, *Boswellia* and *Commiphora* species and their economic contributions in Liban, south-east Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 55, 465–482.
- Lee, K.Y., Shim, J., Bae, I. Y., Cha, J., Park, C. S. & Lee, H. G. (2003). Characterization of gellan/gelatin mixed solutions and gels. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 36, 795–802.
- Lubbers, S. & Guichard, E. (2003). The effects of sugars and pectin on flavour release from a fruit pastille model system. *Food Chemistry*, 81, 269–273.
- Mahmoudi, A., Sharafzadeh, M., Monsef Esfahani, HR., Salehi Sourmaghi, MH., & Yazdineghad, AR. (2007). *Investigation of the effects of olibanoum gum on spatial memory using Morris model*. Medical University of Tehran, Faculty of Pharmacy. (In Farsi)
- Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press LLC. 3<sup>rd</sup> ed., pp. 106–110.
- Mohammadi, S., Abbasi, S., & Hamidi, Z. (2010). Effect of some hydrocolloids on physical stability, rheological and sensory properties of milk–orange juice mixture. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 5 (4), 21–32. (In Farsi)
- Mohsenin, N. N. (1970). *Physical Properties of Plant & Animal Materials. Volume 1: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties*. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. pp. 90–100.
- Morris, E. R. (1990). *Mixed polymer gels*. In: Harris, P. (Ed). *Food Gels*. Elsevier Science Publishers LTD., London and New York. pp. 291–359.
- Schrieber, R. & Gareis, H. (2007). *Gelatin Handbook: Theory and Industrial Practice*. WILEY-VCH: Germany. pp. 1–220.
- Sworn, G. (1996). *Gelation of gellan gum in confectionery system*. In: G. O. Philips, P. A. Williams and D. J. Wedlock, (Eds). *Gums and Stabilizer for the Food Industry 8*. Pergamon Press: IRL Press: Oxford. pp 341–349.
- Tilahun, M., Olschewski, R., Kleinn, C. & Gebrehiwot, K. (2007). Economic analysis of closing degraded *Boswellia papyrifera* dry forest from human interventions— A study from Tigray, Northern Ethiopia. *Forest Policy and Economics*, 9, 996–1005.

