

بهینه‌سازی فرمولاسیون پودر ژله میوه‌ای کم کالری با استفاده از شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و ایزومالت

مرضیه حسینی نژاد^{۱*}، مریم محتشمی^۲، سارا کمالی^۲، محمد الهی^۴

۱- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد

* نویسنده مسئول (m.hosseininezhad@rifst.ac.ir)

۲- کارشناس صنایع غذایی، مدیر تولید شرکت زرین تابا، فاز ۱ شهرک صنعتی مشهد

۳- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۵

واژه‌های کلیدی

ایزومالت

ترکیبات فراسودمند

ژله رژیمی

سوکرالوز

کاربرد عوامل شیرین‌کننده و حجم دهنده جایگزین شکر در محصولات غذایی اگرچه در کاهش کالری موثر است ولی معمولاً با تغییر بافت و ویژگی‌های حسی محصول همراه است. در این تحقیق حذف شکر در فرمولاسیون پودر ژله با استفاده از ایزومالت به عنوان یک ترکیب حجم‌دهنده فراسودمند و سوکرالوز به عنوان یک شیرین‌کننده قوی بدون تغییر بر ویژگی‌های کیفی محصول بررسی گردید. درصدهای مختلف ایزومالت (صفر، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪) همراه سوکرالوز استفاده و نمونه‌های ژله از نظر بافت و خواص فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی - چشایی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که جایگزینی کامل شکر با حداقل ۵۰٪ وزنی قند الکلی ایزومالت همراه با ۰/۱۳ درصد سوکرالوز موجب استحکام بافت شده و با کاهش ایزومالت از قدرت ژل کاسته گردید، در حالی‌که تغییر معنی داری در سایر ویژگی‌های رئولوژی و کیفی حاصل ایجاد نشد. همچنین ویژگی‌های میکروبی نمونه بدون شکر در طول دوره ماندگاری با محدوده استاندارد مطابقت داشت. ارزیابی حسی چشایی محصول نیز بیانگر پذیرش ژله حاوی ایزومالت نسبت به نمونه شاهد بود. بر مبنای نتایج این تحقیق می‌توان در فرمولاسیون ژله کم‌کالری، ساکارز را با ایزومالت و سوکرالوز، بدون تغییر معنی‌دار در ویژگی‌های کیفی، رئولوژی، حسی - چشایی و قابلیت پذیرش فرآورده نهایی، جایگزین کرد.

مقدمه

ساکارز از اجزاء اصلی فرمولاسیون فرآورده‌های شیرین است که علاوه بر ایجاد طعم، به عنوان عامل حجم‌دهنده در تشکیل بافت محصول نقش دارد (Holm et al., 2009). در عین حال، مصرف این قند با محدودیت‌هایی همراه است که از آن جمله می‌توان به افزایش ناگهانی و نامطلوب قند خون، چاقی و افزایش و تسریع در پوسیدگی دندان اشاره کرد.

مصرف فرآورده‌های شیرین، به شکل‌های مختلف یکی از عادات تغذیه‌ای روزمره در سراسر جهان بشمار می‌رود. فرآورده‌های شیرین در طول متجاوز از سه هزار سال، سیری صعودی و تنوع‌پذیر داشته و از مصرف انواع میوه‌های شیرین و ترشحات گیاهی و عسل آغاز شده و به انواع شیرین‌کننده‌های سنتزی گسترش یافته است (Hajar et al., 2002).

از آنجا که ایزومالت شیرینی کمتری از ساکارز دارد، معمولا با شیرین‌کننده‌های قوی همراه می‌شود. از میان شیرین‌کننده‌های قوی، سوکرالوز ۶۰۰ برابر شیرین‌تر از ساکارز بوده، از کلره کردن انتخابی ساکارز به دست آمده و پروفایل شیرینی بسیار شبیه به ساکارز دارد. حتی در pHهای پایین، دارای مقاومت در برابر حرارت‌های بالا در طی فرایند مواد غذایی و انبارمانی طولانی مدت است. ارزیابی سم شناسی این ماده افزودنی، کامل است و میزان دریافتی روزانه قابل قبول آن ۰-۱۵ میلی‌گرم به ازاء کیلوگرم وزن بدن می‌باشد (O'Brien, 2001).

ژله میوه یکی از انواع دسر و از میان وعده‌های مناسب است که در کشورهای مختلف انواع کم‌کالری آن مورد تحقیق قرار گرفته است. Francisca و همکاران (۲۰۱۰) از پلی‌ال‌ها در تهیه محصولات ژل-شده قنادی کم‌کالری استفاده کردند. در این محصولات از ترکیباتی مانند ژلاتین، نشاسته اصلاح شده، پکتین، کاراجینان و صمغ عربی برای رسیدن به بافت مطلوب، استفاده شده است.

Peng و Regenstein (۲۰۰۷) دسرهای ژلاتینی تهیه شده از ساکارز و انواع مختلف ژلاتین، مانند ژلاتین خوک و پوست ماهی را از لحاظ بافت، مورد مقایسه قرار دادند. همچنین Khouryeh و همکاران (۲۰۰۵)، Acosta و همکاران (۲۰۰۶ و ۲۰۰۸) دسر-های ژله‌ای تهیه شده از شیرین‌کننده‌های جایگزین، پکتین و انواع صمغ‌ها را مورد بررسی قرار دادند.

در ایران تحقیقات متعددی در خصوص تولید محصولات شیرین کم‌کالری صورت گرفته است که در آن، ساکارز با شیرین‌کننده‌های کم‌کالری نظیر اریترول و اولیگوفروکتوز (بیطرف و همکاران، ۱۳۹۲)، استویا (یوسفی اصل و همکاران، ۱۳۹۱)، پلی‌دکستروز و مالتودکسترین (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۱) جایگزین گردیده است. همچنین تولید ژله کم‌کالری میوه با استفاده از پکتین، طبق گل آفتابگردان همراه با شکر بررسی شده است (قاطع‌فر و همکاران، ۱۳۸۶)، ولی تاکنون تحقیق مدونی پیرامون فرمولاسیون ژله و دسرهای میوه کم‌کالری با بکارگیری شیرین‌کننده سوکرالوز و ایزومالت به‌منظور کاهش یا حذف ساکارز، انجام نشده است. ژله میوه‌ای مطابق استاندارد ملی

سازمان بهداشت جهانی تخمین زده است که بیش از یک میلیارد نفر در دنیا دارای اضافه وزن بوده که حدود ۴۰۰ میلیون نفر از آنها از چاقی رنج می‌برند و انتظار می‌رود این اعداد و ارقام تا سال ۲۰۱۵ دو برابر شود (Horn, 2009). مشکل دیگری که جهان با آن روبرو است ابتلای میلیون‌ها نفر به عارضه دیابت نوع I و II می‌باشد که به منظور جلوگیری از ابتلا به عوارض نامطلوب افزایش قند خون، باید فرد از مصرف کربوهیدرات‌های پرکالری با جذب بالا خودداری کند (Livesey, 2003). در این راستا فندهای الکلی یا پلی-ال‌ها به واسطه خواصی نظیر عدم جذب کامل دستگاه گوارش و متابولیسم مستقل از انسولین در صورت جذب (Livesey, 2003)، با داشتن ویژگی‌های فراسودمند (Gostner et al., 2005) به عنوان جایگزین مناسبی برای شکر در فرآورده‌های غذایی شیرین، همراه با شیرین‌کننده‌های قوی به کار گرفته می‌شوند (Zumbe et al., 2001). از میان پلی‌ال‌ها، ایزومالت تنها شیرین‌کننده حجم‌دهنده‌ای است که منحصرا از ساکارز مشتق می‌شود و شامل دو ایزومر گلوکوپیرانوزیل سوربیتول و گلوکوپیرانوزیل مانیتول می‌باشد (O'Brien, 2001). ایزومالت دارای مزه شیرین ضعیف و بدون پس‌طعم بوده و انتقال طعم را در مواد غذایی تقویت می‌کند، قدرت شیرین‌کنندگی، تابعی از غلظت آن بوده و با افزایش غلظت میزان شیرینی افزایش می‌یابد. جاذب‌الرطوبگی پایین ایزومالت باعث می‌شود که محصولاتی که منحصرا یا به طور عمده، بر پایه ایزومالت هستند، عمر قفسه‌ای طولانی داشته باشند و محصولات تولید شده با آن، بافت و ظاهر مشابه با محصولات تولید شده با شکر را داشته باشند (O'Brien, 2001; Francisca et al., 2010). این قند الکلی با دوز ۵۰ گرم در روز، دارای اثرات ملین-کنندگی کمتری نسبت به سایر پلی‌ال‌هاست؛ از طرفی نتایج تحقیقات نشان داده است که ایزومالت می‌تواند دارای اثرات پری‌بیوتیکی باشد (Gostner et al., 2005; Holm et al., 2009). میزان دریافتی روزانه قابل قبول ایزومالت، محدودیت نداشته و کالری آن تنها ۲/۴ کیلوکالری به ازاء هر گرم بر اساس استانداردهای اتحادیه اروپا (و ۲ kcal/g بر اساس استاندارد آمریکا) است (Zumbe et al., 2001).

پرتقال (۰/۷۵ گرم) به ازای ۱۰۰ گرم شکر ساکارز تنظیم گردید. پس از انجام آزمایشات اولیه با بکارگیری چندین نوع شیرین‌کننده قوی و حجم دهنده‌های مختلف و مقایسه نتایج (داده‌ها در این مقاله نشان داده نشده اند) نسبت‌های مختلف ایزومالت صفر، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ w/w جایگزین ساکارز شده (جدول ۱) و برای رسیدن به شیرینی برابر با ساکارز از شیرین‌کننده قوی سوکرالوز به روش Nebesny و همکاران (۲۰۰۶) مطابق رابطه ۱ استفاده گردید. شیرینی ایزومالت ۰/۴ و سوکرالوز ۶۰۰ برابر ساکارز در نظر گرفته شد. رابطه (۱)

$$+ 600 \times \text{سوکرالوز} \% / 4w/w \times \text{ایزومالت} \% \\ w/w / 100 \times 1 = \% w/w$$

برای مخلوط سازی یکنواخت سوکرالوز در ایزومالت، ابتدا ایزومالت به کمک آسیاب مخلوط کن آزمایشگاهی به پودر یکنواخت تبدیل گردید، سپس سوکرالوز در حجم آب برابر با ۱۰٪ مقدار ایزومالت حل و بر روی پودر ایزومالت اسپری و مخلوط شد تا خمیر یکنواختی به دست آید. خمیر حاصل پس از خشک شدن در دمای محیط و پودر شدن با استفاده از آسیاب با سایر ترکیبات مخلوط و یکنواخت گردید. پودرهای ژله (جدول ۱) در حجم ۴۰۰ میلی‌لیتر آب جوش حل شده و پس از ۲-۳ دقیقه مخلوط‌سازی کامل، به مدت نیم ساعت در دمای اتاق و سپس برای ۲ الی ۳ ساعت در یخچال قرار گرفتند تا فرایند بستن ژله کامل گردد.

ایران جزء محصولات با قوام ژله‌ای نیمه‌جامد شناخته شده (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۵) و لذا نقش شکر به عنوان حجم‌دهنده و ایجادکننده بافت در این محصول با وجود عوامل ژل‌کننده به اندازه محصولات شیرین جامد نظیر کیک نیست، بنابراین دستیابی به بافت مناسب ژله با افزایش میزان شیرین‌کننده قوی سوکرالوز و کاهش میزان حجم‌دهنده، ممکن بنظر می‌رسد. در این پژوهش تولید ژله کم‌کالری با کاهش میزان شکر و افزایش قند الکلی ایزومالت همراه با شیرین‌کننده قوی سوکرالوز مورد بررسی قرار گرفت، به نحوی که با جایگزینی شکر، کمترین تاثیر در بافت و ویژگی‌های حسی-چشایی محصول، ایجاد گردد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

مواد اولیه این پژوهش شامل شکر از شرکت سهامی قند ایران، ایزومالت از شرکت Cargil فرانسه، سوکرالوز (Splenda) محصول شرکت Tate&Lyle, Alabam, USA، ژلاتین با درجه بلوم ۲۲۵ و مش، ۳۰ از شرکت حلال توس مشهد، ویتامین C یا اسید آسکوربیک (مرک آلمان)، اسید سیتریک (مرک آلمان، ۹۶۳۴۵۴۷)، رنگ و اسانس پرتقال از شرکت صنایع غذایی زرین تابا، تهیه شد.

آماده‌سازی ژله

فرمولاسیون پایه ژله با استفاده از ترکیبات ژلاتین خوراکی (۹ گرم)، اسید سیتریک (۱ گرم)، ویتامین C (۰/۲ گرم)، رنگ پرتقالی (۰/۱۴ گرم) و اسانس

جدول ۱- فرمولاسیون پودر ژله

فرمول ۷	فرمول ۶	فرمول ۵	فرمول ۴	فرمول ۳	فرمول ۲	فرمول ۱	ترکیبات (گرم)
-	-	-	-	-	-	۱۰۰	ساکارز
-	۲۰	۳۰	۵۰	۷۵	۱۰۰	-	ایزومالت
۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱	-	سوکرالوز
۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	ژلاتین
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	سایر مواد*

* سایر مواد: اسید سیتریک، ویتامین C، رنگ پرتقالی، اسانس پرتقال

آزمون‌های فیزیکی‌شیمیایی

اندازه‌گیری سینرسیس

سینرسیس نمونه‌های ژله به عنوان یکی از فاکتور-های مهم فیزیکی در تولید ژله، ۲ ساعت پس از بستن ژله با استفاده از سانتریفیوژ دور ۵۰۰۰ g، در دمای محیط اندازه‌گیری گردید. مقدار مایع جدا شده از بافت ژله در ظروف مدرج اندازه‌گیری و درصد سینرسیس بر مبنای رابطه ۲ محاسبه شد (Sahan *et al.*, 2008).

رابطه (۲)

$$\% \text{ سینرسیس} = \frac{\text{وزن کل مایع جدا شده}}{\text{وزن کل ژله}} \times 100$$

قدرت ژل

قدرت ژل با استفاده از دستگاه بافت‌سنج CNS Farnell QTS (Farnell, Borehamwood, UK) تعیین گردید. نسبت قطر ظرف به قطر پروب باید حداقل ۳ به ۱ باشد تا از اثر دیواره‌های ظرف بر خصوصیات بافتی جلوگیری شود (Fizman *et al.*, 1999). به این منظور نمونه‌ها در ظرف‌هایی با قطر ۷ سانتی متر تهیه شدند. پروب (نفوذگر) با قطر ۱۲/۵ میلی‌متری بر روی ژل قرار گرفت. استحکام ژل، معادل ماکزیمم نیروی است که جهت نفوذ به کار می‌رود. در این آزمون پراب با سرعت ۱ mm/s و به میزان ۱۵ mm در نمونه‌ها نفوذ کرد. ماکزیمم نیروی مورد نیاز نفوذ بر اساس واحد نیوتن ثبت شد (Peng and Regenstein, 2007).

میزان مواد جامد محلول

مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر رومیزی مدل RX-5000a در دمای محیط اندازه‌گیری گردید (AOAC 2000a).

اندازه‌گیری رطوبت

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت نمونه از روش (AOAC, 2000a) استفاده شد. ۸ گرم ژله در پلیت-های شیشه‌ای توزین گردیده و به مدت حداقل ۲۴ ساعت (تا رسیدن به وزن ثابت) در دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد در آون حرارتی قرار گرفتند. اندازه-

گیری رطوبت نمونه‌ها پس از سرد شدن در دسیکاتور حاوی مواد جاذب الرطوبه با استفاده از رابطه ۳ انجام گردید.

رابطه (۳)

$$\% \text{ رطوبت} = \frac{100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن مرطوب})}{\text{وزن خشک}}$$

اندازه‌گیری pH

اندازه‌گیری pH با استفاده از متر pH Metrohm مدل ۶۹۱ ساخت سوئیس با الکتروود شیشه‌ای در دمای محیط، صورت پذیرفت.

اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته به روش استاندارد ۲۶۸۲ ملی ایران با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تعیین شد.

آزمایشات میکروبی

آزمایشات میکروبی به روش استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۹۸ انجام شد. برای اندازه‌گیری باکتری‌های مقاوم به اسید و باکتری‌های اسید لاکتیک، ۱۰ گرم ژله در ۹۰ ml آب پیتون رقیق و هم‌وزن‌نیزه گردید. ۱ میلی‌لیتر از رقت ۰/۱ به پلیت‌های استریل منتقل شده و سپس به دو پلیت محیط کشت آگار حاوی سرم پرتقال^۱ (OSA) و دو پلیت دیگر محیط کشت آگار چند منظوره حاوی توئین^۲ ۸۰ (APT) افزوده و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، گرمخانه‌گذاری گردید. برای شناسایی باکتری‌های خانواده اسید لاکتیک، ۱ میلی‌لیتر از رقت ۰/۱ به پلیت‌های استریل حاوی محیط کشت MRS^۳ آگار افزوده و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت پنج روز گرمخانه‌گذاری گردید. پس از ۵ روز بررسی از نظر باکتری‌های مقاوم به اسید صورت گرفت.

برای شناسایی کپک و مخمر مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۹۸، مقدار ۲ میلی‌لیتر از رقت ۱-۱۰ و ۲ میلی‌لیتر از رقت ۲-۱۰ را به ۴ پلیت استریل اضافه کرده و از محیط کشت دی کلران-رزینگال

1- Orange Serum Agar

2- Tween

3- De man, Rogosa and Sharp

نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت در مقایسه با نمونه شاهد، از تفاوت معنی‌داری برخوردار است؛ ضمن این که با کاهش میزان ایزومالت نمونه، رطوبت با کاهش معنی‌داری همراه می‌باشد. به نظر می‌رسد بسته‌بندی‌های رایج پودر ژله در جلوگیری از جذب رطوبت توسط این قند الکلی جاذب‌الرطوبه، مؤثر باشند. در هر حال، استاندارد رطوبت برای ژله‌های بدون شکر، کمتر از ۸ درصد وزنی و برای ژله‌های حاوی شکر، کمتر از دو درصد وزنی است و لذا میزان رطوبت نمونه‌های ژله حاوی بیش از ۳۰ درصد ایزومالت با کمتر از ۸ درصد وزنی در محدوده استاندارد ملی ایران (شماره ۲۶۸۲) می‌باشد.

استحکام و قدرت ژل که با استفاده از دستگاه بافت‌سنج تعیین گردید؛ از ویژگی‌های اصلی ژله بوده و به ریزساختار ژل بستگی دارد. نتایج نشان داد که استحکام بافت نمونه‌های ژله حاوی ایزومالت در مقایسه با نمونه حاوی شکر بیشتر بوده و با کاهش ایزومالت از قدرت ژل کاسته می‌شد. جدول ۲ نشان می‌دهد که ایزومالت در ایجاد قدرت ژل و استحکام بخشی به بافت تأثیر مثبت داشت به‌نحوی که با کاهش آن به میزان ۵۰ درصد، همچنان قدرت ژل بالاتر از نمونه شاهد را بدست می‌دهد. کاهش ماده خشک سبب کاهش پایداری شبکه ژل و ظرفیت اتصال آب می‌گردد.

پودرهای حاوی سوکرالوز به تنهایی دارای کمترین قدرت ژل و بالاترین رطوبت بودند که این نکته به علت عدم مطابقت با حدود استاندارد، می‌تواند فرمولاسیون ژله بدون استفاده از ایزومالت و تنها با بکارگیری سوکرالوز به عنوان جایگزین شکر را، نامناسب نشان دهد. نمونه‌های حاوی ۲۰ درصد ایزومالت نیز اگرچه از نظر عمده ویژگی‌های مورد سنجش به ویژه بافت و میزان رطوبت تفاوت معنی‌داری با نمونه ۳۰ درصد نداشت، ولی با توجه به اختلاف معنی‌دار سینرسیس که بیانگر از دست دادن آب پس از بستن ژله است، نتیجه مناسبی را در مجموع نشان نداد.

اندازه‌گیری سینرسیس نمونه‌های ژله حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی ایزومالت با میزان بیش از ۵۰ درصد

کلرامفنیکل آگار^۱ (DRBC) به این پلیت‌ها انتقال داده شد. پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شده و پس از پنج روز از نظر کپک و مخمر بررسی گردیدند (دی کلران ۱۸٪ گلیسرول آگار).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۱۵ نفر پانلیست انجام گردید. ارزیابی در قالب آزمون هدونیک ۵ نقطه-ای صورت گرفت تا درجه مطلوبیت نمونه‌ها از ۵ برای بسیار خوب تا ۱ برای بسیار بد سنجیده شود.

آنالیز آماری

آنالیز داده‌ها به کمک نرم افزار MSTAT-C و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به کمک مقایسه میانگین LSD ($P \leq 0.05$) انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایشات فیزیکی - شیمیایی

جدول ۲ نتایج آزمون‌های فیزیکی - شیمیایی نمونه‌های ژله را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌گردد میزان ایزومالت بر pH و اسیدیته اثر معنی‌داری نداشت. pH نمونه‌ها در همه تیمارها بین ۳/۱۹ تا ۳/۶۳ و در محدوده استاندارد ژله بود. تحقیقات انجام شده بر روی ژله کم‌کالری با استفاده از سایر شیرین‌کننده‌ها (Acosta et al., 2007; Khouryieh et al., 2004) نیز بر عدم تأثیر فرمولاسیون و نوع قند بر pH دلالت دارد. میزان اسیدیته نمونه‌ها کمتر از ۰/۸ درصد وزنی بر حسب اسیدسیتریک و در محدوده استاندارد ۲۶۸۲ بود، در حالی که با کاهش میزان ایزومالت، میزان ماده خشک و به طبع آن بریکس نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش نشان داده‌است. رطوبت پودر ژله تهیه‌شده از شکر از تمامی نمونه‌ها کمتر بود. تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های حاوی ایزومالت می‌تواند ناشی از عدم یکنواختی رطوبت تیمارهای مختلف در مرحله تهیه باشد. ایزومالت ماده‌ای جاذب‌الرطوبه بوده و در محیط تا حدودی جذب رطوبت نشان می‌دهد (O'Brien, 2001) و لذا رطوبت

می‌باشد. عدم افزایش سینرسیس به معنای قابلیت حفظ آب درون بافتی ژله بوده و این ویژگی علاوه بر حفظ کیفیت ظاهری بافت ژله در ماندگاری محصول و عدم رشد میگروارگانسیم‌ها نیز مؤثر است (Aleman, et al., 2011).

Acosta و همکاران (۲۰۰۷) فرمولاسیون ژله میوه کم کالری، با استفاده از میوه‌های گرمسیری نظیر موز، آناناس و جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های آسپارتام و آسه-سولفام و قند الکلی سوربیتول را به روش سطح پاسخ انجام دادند. نتایج آنالیز ژله حاصل از نظر پارامترهای مورد ارزیابی با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت.

جدول ۲. نتایج آزمون‌های فیزیکی شیمیایی نمونه‌های ژله با کاهش میزان حجم دهنده

	۱۰٪ ایزومالت	۷۵٪ ایزومالت	۵۰٪ ایزومالت	۳۰٪ ایزومالت	۲۰٪ ایزومالت	۱۰٪ ایزومالت
pH	۳/۶۳±۰/۰۲ ^A	۳/۳۳±۰/۰۱ ^A	۳/۵۱±۰/۰۳ ^A	۳/۴۴±۰/۰۳ ^A	۳/۳۴±۰/۰۱ ^A	۳/۱۹±۰/۰۳ ^A
بریکس	۲۲/۶۴±۰/۰۵ ^B	۲۲/۹۱±۰/۱۴ ^A	۱۷/۸۲±۰/۰۱ ^C	۱۳/۷۵±۰/۰۱ ^D	۱۰/۰۹±۰/۰۲ ^E	۷/۶۹±۰/۰۸ ^F
اسیدیته	۰/۳۰۳±۰/۰۱ ^A	۰/۳۱۷±۰/۰۱ ^A	۰/۳۲±۰/۰۱ ^A	۰/۳۳±۰/۰۱ ^A	۰/۳۳±۰/۰۱ ^A	۰/۳۵±۰/۰۱ ^A
قدرت ژل g	۲۹ ± ۱ ^{CD}	۴۴/۳۳±۰/۵۸ ^A	۴۴/۶±۱ ^A	۳۸/۳۳±۱/۵۳ ^B	۳۲/۳۳±۲/۳ ^C	۳۰ ± ۱/۷۳ ^C
سینرسیس	۰/۳۳±۰/۰۱ ^D	۰/۴۹±۰/۰۱ ^{CD}	۰/۵۱±۰/۰۲ ^{CD}	۰/۴۶±۰/۰۲ ^{CD}	۰/۸۱±۰/۰۲ ^C	۱/۳۷±۰/۰۳ ^B
رطوبت پودر ژله	۱/۲۳±۰/۰۴ ^E	۶/۸۴±۰/۲۶ ^D	۶/۹۶±۰/۰۴ ^D	۶/۷۶±۰/۰۲ ^D	۷/۲۲±۰/۰۲ ^{CD}	۷/۴۷±۰/۶۵ ^{BC}

2006, *al.*) ولی حضور شکر در محصولات غذایی نظیر ژله، علاوه بر ایجاد طعم شیرین در ویژگی‌های بافت، حجم و کیفیت ظاهری نیز تاثیر بسزایی دارد و نقش آن محدود به ایجاد طعم شیرین نیست (O'Brien, 2001). بنابراین استفاده از هیچ نوع شیرین‌کننده جایگزینی به تنهایی نمی‌تواند تأمین‌کننده ویژگی‌های شکر باشد. ایزومالت به عنوان یک حجم دهنده با قابلیت‌های تکنولوژیکی شکر پذیرفته شده است (Gostner et al., 2006) و نتایج این تحقیق نشان داد که جایگزینی ساکارز با ایزومالت در حجم بیش از ۵۰ درصد، می‌تواند سایر ویژگی‌های شکر را در ژله رژیمی تأمین نماید. کاهش مقدار ایزومالت از جهت اثرات ملینی این ترکیب، کاهش هزینه و ارزش اقتصادی آن اهمیت دارد.

بر مبنای نتایج فوق در تهیه ژله رژیمی می‌توان ایزومالت را تا سطح ۵۰ درصد در حضور سوکروز بدون تغییرات معنی‌دار در ویژگی‌های حسی طعم، بافت ژله و پذیرش کلی، جایگزین کامل شکر نمود. با توجه به این نتایج، آزمون‌های میکروبی و ماندگاری بر روی نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد ایزومالت و بیشتر صورت پذیرفت.

آزمون‌های حسی-چشایی

نتایج مربوط به ارزیابی حسی (جدول ۳) نشان‌دهنده آن بود که برغم اختلاف معنی‌دار برخی تیمارها در نتایج بافت‌سنجی، از نظر پانلیست‌ها هیچ کدام از تیمارها تاثیر محسوس و معنی‌داری بر بافت در مقایسه با نمونه شاهد نداشتند. تحقیقات مشابه نشان داده است که در محصولات قنادی حاوی ژلاتین و شکر می‌توان پلی‌ال‌ها را به عنوان عوامل حجم‌دهنده به طور کامل جانشین ساکارز و شربت گلوکز کرده، بدون این که بافت ژله به طور قابل توجهی تغییر کند (Oakenfull et al., 1986; Stevens et al., 2006).

نمونه‌های بدون ایزومالت و حاوی ۲۰ درصد ایزومالت، دارای پایین‌ترین کیفیت از لحاظ طعم و قابلیت پذیرش کلی بودند. در حالی که نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد ایزومالت، از لحاظ طعم و قابلیت پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری با نمونه حاوی شکر و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت نشان ندادند. اگرچه شیرین‌کننده سوکروز در میان سایر شیرین‌کننده‌ها از نزدیک‌ترین پروفایل شیرینی به ساکارز برخوردار است (Kroger et

آزمایشات میکروبی

استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۸۹۹ و ۸۸۹۸ مربوط به ویژگی‌های میکروبیولوژیکی ژله مطابقت داشت.

همان طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد، هیچ کدام از انواع کپک و مخمر و باکتری‌ها رشد قابل ملاحظه‌ای نشان نداده و نتایج آزمایشات میکروبی با

جدول ۳- نتایج آزمون حسی-چشایی نمونه‌های ژله

	شکر	%۱۰۰ ایزومالت	%۷۵ ایزومالت	%۵۰ ایزومالت	%۳۰ ایزومالت	%۲۰ ایزومالت	%۱۰ ایزومالت
طعم	۴/۳±۰/۶۷ ^A	۴/۳±۰/۹۵ ^A	۴±۱/۰۵ ^{AB}	۳/۹±۰/۷۴ ^{AB}	۳/۷±۰/۸۳ ^{AB}	۱/۰۷±۳/۴ ^B	۲/۱±۲/۱ ^C
بافت	۴/۲±۱/۰۳	۴ ± ۰/۸۲	۴/۱ ± ۰/۵۷	۴/۲ ± ۰/۷۹	۴/۳ ± ۰/۹۵	۴/۴ ± ۰/۷۰	۳/۸±۰/۹۲
پذیرش کلی	۴/۱±۰/۷۴ ^{AB}	۴/۲ ± ۰/۶۳ ^A	۳/۸ ± ۰/۷۹ ^{AB}	۴/۱ ± ۰/۷۴ ^{AB}	۳/۷ ± ۰/۶۷ ^{AB}	۳/۴ ± ۱/۰۷ ^B	۲/۱±۱/۲ ^C

جدول ۴- نتایج آزمون میکروبی نمونه‌های ژله

ویژگی	شکر	%۵۰ ایزومالت	%۷۵ ایزومالت	%۱۰۰ ایزومالت	حداکثر مجاز در هر گرم
باکتری‌های لاکتیک	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰
باکتری‌های مقاوم به اسید	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰
کپک	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰
مخمر	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰

آزمایشات ماندگاری

در بسته‌بندی سلوفان در دمای محیط نگهداری گردید. نتایج آزمون حسی چشایی پس از دو ماه ماندگاری محصول نشان داد نمونه‌های ژله حاوی %۵۰ ایزومالت نسبت به نمونه شاهد طعم از پذیرش طعم بالاتری برخوردار بودند (جدول ۵).

جهت ارزیابی مجدد طعم و ویژگی‌های ژله با کاهش میزان مواد حجم‌دهنده، نمونه ژله توت فرنگی (مقادیر بر حسب گرم) با جایگزینی شکر با عامل حجم‌دهنده ایزومالت در مقادیر ۵۰ درصد و بیشتر، همراه با شیرین کننده قوی سوکرالوز مطابق روش Nebesny و همکاران (۲۰۰۷) تولید و به مدت دو ماه

جدول ۵- نتایج کلی ارزیابی حسی نمونه‌های ژله حاوی ایزومالت و سوکرالوز پس از دو ماه ماندگاری

شکر	%۵۰ ایزومالت	%۷۵ ایزومالت	%۱۰۰ ایزومالت
۳/۳۶۴ ^B	۴/۳۰۹ ^A	۴/۵۴۵ ^A	۴/۴۵۵ ^A

جدول ۶- آنالیز میکروبی نمونه‌های ژله پس از ۶۰ روز زمان ماندگاری

ویژگی	شکر	%۵۰ ایزومالت	%۷۵ ایزومالت	%۱۰۰ ایزومالت	حداکثر مجاز در هر گرم
باکتری‌های لاکتیک	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	-	۱۰
باکتری‌های مقاوم به اسید	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	-	۱۰
کپک	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۰
مخمر	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۰

چشایی ژله طی دو ماه ماندگاری جایگزین کامل شکر نمود. استفاده توأم از سوکرالوز و ایزومالت، ضمن تولید محصولی با ویژگی‌های حسی-چشایی مناسب، به دلیل حذف شکر از قابلیت مصارف رژیمی و مناسب بیماران دیابتی برخوردار بوده و با توجه به خواص پری‌بیوتیکی ایزومالت محصولی سلامت آفرین با ویژگی‌های فراسودمند را فراهم می‌سازد.

سیاسگزاری

این تحقیق بخشی از نتایج طرح پژوهشی "استفاده از شیرین‌کننده‌های جایگزین ساکارز در فرمولاسیون چند فراورده غذایی رژیمی است که در پژوهشکده علوم و صنایع غذایی با مشارکت شرکت صنایع غذایی زرین‌تابا به انجام رسید.

آنالیز میکروبی نمونه‌های ژله (جدول ۶)، کپک، مخمر و باکتری مقاوم به اسید را در طی ۶۰ روز ماندگاری در محدوده قابل قبول استاندارد نشان داد ($cfu < 10/g$).

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های حسی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ژله نشان داد که استفاده از شیرین‌کننده قوی سوکرالوز و قندالکلی ایزومالت، می‌تواند جایگزین مناسبی در فرمولاسیون ژله کم‌کالری با حفظ ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، حسی-چشایی و رئولوژیکی باشد. بر مبنای نتایج این تحقیق می‌توان مقادیر ۵۰ تا ۱۰۰ درصد از ایزومالت را در حضور سوکرالوز بدون تغییر معنی‌دار در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی -

منابع

- ۱- بیطرف، ش.، عباسی، س. و حمیدی، ز. ۱۳۹۲. تولید شکلات تلخ کم کالری پری بیوتیک با استفاده از اینولین، پلی دکستروز و مالتودکستروز. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸ (۱): ۴۹-۶۲.
- ۲- قاطع فر، ر.، احمدی زنون، ع.، قاسم زاده، ح. و ایاسه علی محمدی، س.ا. ۱۳۸۶. تولید ژله کم کالری آب سیب با استفاده از پکتین طبق آفتابگردان. نشریه دانش کشاورزی، ۱۷ (۱): ۱۰۹-۱۱۸.
- ۳- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۸. فراورده‌های ژله ای-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران. شماره ۲۶۸۲، تجدید نظر دوم.
- ۴- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۵. مربا، مارمالاد و ژله مربا- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون میکروبیولوژی. استاندارد ملی ایران، شماره ۸۸۹۸، چاپ اول.
- ۵- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۶. مواد افزودنی خوراکی- شیرین کننده‌های مجاز خوراکی- فهرست و ویژگی‌های عمومی. استاندارد ملی ایران. شماره ۱۳۰۲، چاپ اول.
- ۶- نورمحمدی، ا.، پیغمبر دوست، س.ه. و اولاد غفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اربیتول و الیگوفروکتوز. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷ (۱): ۱۱-۱۹.
- ۷- یوسفی اصل، م.، گلی، س.ا. و کدیور، م. ۱۳۹۱. بهینه سازی تولید مربای کم کالری به با استفاده از شیرین کننده مصنوعی استویا. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی (دانش کشاورزی)، ۲۲ (۲): ۱۵۵-۱۶۴.
- 8- Acosta O., Viquez F., & Cubero, E. 2006. Ingredient levels optimization and nutritional evaluation of a low-calorie blackberry (*Rubus irasuensis* Liebm.) jelly. Journal of Food Science, 71: 390-395.
- 9- Acosta O., Viquez, F., & Cubero E. 2008. Optimisation of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. Food Quality and Preference, 19 (1): 79-85.

- 10-Alemán S., Pacheco-Delahaye E., Pérez E. & Schroeder M. 2011. Elaboration of blackberry (*Rubus glaucus Benth.*) jellies with native and modified banana starches (Musa ABB). *African Journal of Food Science*, 5 (4): 181-187.
- 11-Fizman, S.M., Lluch, M.A., & Salvador, A. 1999. Effect of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9: 895-901.
- 12-Francisca, L.S., Kristensen, M., Mikkelsen, C.B., & Sandau, N. 2010. Sweet confectionery products, U.S. patent 12/447, 586.
- 13-Gostner, A., Schäffer, V., Theis S., Menzel, T., Lührs, H., Melcher, R., Schaubert, J., Kudlich, T., Dusel, G., Dorbath, D., Kozianowski, G., & Scheppach W. 2005. Effects of isomalt consumption on gastrointestinal and metabolic parameters in healthy volunteers. *British Journal of Nutrition*, 94: 575-581.
- 14-Hajar, R. 2002. History of medicine. *Heart Views* [serial online], 3:10. Available at <http://www.heartviews.org/text.asp?2002/3/4/10/64525>.
- 15-Holm, K., Wendin, K., & Hermansson, A.M. 2009. Sweetness and texture perceptions in structured gelatin gels with embedded sugar rich domains. *Journal of Food Hydrocolloids*, 23 (8): 2388-2393.
- 16-Horn, G. 2009. Harmonizing sweetness and taste. *Journal of Food Technology*, 63 (12): 20-29.
- 17-Khouryieh, H.A., Aramouni, F., & Herald, T.J. 2005. Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly. *Journal of Food Quality*, 28(2):179-190.
- 18-Kroger, M., Meister, k., & Kava, R. 2006. Low-calorie Sweeteners and Other Sugar Substitutes: a review of the safety issues. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5: 35-47.
- 19-Livesey, G. 2003. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 16: 163-191.
- 20-Nebesny, E., Zyzelewicz, D., Motyl, L., & Libudzisz, Z. 2007. Dark chocolates supplemented with *Lactobacillus* strains. *European Food Research and Technology*, 225 (1): 33-42.
- 21-Oakenfull, D., & Alan, S. 1986. Stabilization of gelatin gels by sugars and polyols. *Journal of Food Hydrocolloids*, 1 (2): 163-175.
- 22-O'Brien, N.L. 2001. *Alternative sweeteners*. Dekker, New York.
- 23-Peng, Z., & Regenstien, J.M. 2007. Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatin using instrumental measurements. *Journal of Food Science*, 72 (4):197-201.
- 24-Sahan, N., Yasar, K., & Hayaloglu, A.A. 2008. Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucanhydrocolloidal composite during storage. *Journal of Food Hydrocolloids*, 22: 1291-1297.
- 25-Stevens, P. 2006. Contribution of gelatin and hydrolyzed collagen to the low glycosmic index of food trend in sugar confectionery. Rousselot a VION company Available at <http://www.rousselot.com/pt/informacoes-e-downloads/downloads/rousselot-expert-zoom> accessed: Jan. 2006).
- 26-Zumbe, A., Lee, A., & Storey, D. 2001. Polyols in confectionery: the route to sugar free, reduced sugar and reduced calorie confectionary. *British Journal of Nutrition*, 85 (1): 32-45.

Optimizing the formula of a low calorie fruit powder jelly using sucralose and isomalt

Marzieh Hosseini Nezhad¹, Maryam Mohtashami², Sara Kamali³, Mohammad Elahi⁴

- 1- Assistant Professor, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
- 2- Production Manager, Zarin Taba Co., 1st phase, Toos Industrial Township, Mashhad, Iran
- 3- PhD. Student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Application of non-sugar sweeteners and bulking agents in food products is effective in lowering calories; however, it is often come with some changes in the texture and sensory characteristics of products. In this research full replacement of sugar in fruit jelly powder was investigated using sucralose as a high intense sweetener and isomalt as a bulking agent. Fruit jelly powder was prepared using different percentages of isomalt (0, 20, 30, 50, 75 and 100) together with high intensity sugar of sucralose, in an adjusted amount to replace sucrose. Physical, chemical and microbial characteristics of jelly samples were then analyzed and sensory quality of the product was evaluated. Results showed that sugar replacement with proper proportion of 50% isomalt and 0.13% sucralose causes in strengthening the gel texture with no significant change in quality and rheological properties. Microbial characteristics of sugarless sample was also in accordance with standard limitations. Organoleptic analysis was representing the acceptance of jellies having isomalt compared to sugary one. Based on this study, it is feasible to replace sugar by isomalt and sucralose in low calorie jelly, with no significant change in the quality, rheological properties, and sensory acceptance of product.

Keywords: Fruit dessert, Functional foods, Isomalt, Low-calorie jelly, Sucralose