

## تأثیر سوکرالوز و مالتیتول بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ذرت حجیم شده به روش انفجاری شیرین

احمد کارگری دهکردی<sup>۱</sup>، سارا موحد<sup>۲\*</sup>، بیژن خورشیدپور<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۳- مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۲)

### چکیده

از ذرت فرآورده های زیادی استحصال می شود که پاپکون شیرین یکی از مهم ترین و سالم ترین آن ها محسوب می شود. یکی از روشهای مورد تایید جهت تولید این محصول که فاقد عوارض یاد شده می باشد، حذف ساکارز و گلوکز و جایگزین نمودن آن با مخلوط شیرین کننده های کم کالری است. هدف از تحقیق حاضر، تاثیر افزودن سطوح مختلف مالتیتول و سوکرالوز بر ذرت حجیم شده به روش انفجاری شیرین و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی آنها بود. با توجه به نتایج، میزان رطوبت، خاکستر و خاکستر نامحلول در اسید نمونه های حاوی ۱۰۰ درصد سوکرالوز از نمونه های دیگر بالاتر بود. پایین ترین میزان رطوبت در نمونه های شاهد و نمونه های حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول ملاحظه گردید. بالاترین مقادیر بریکس شربت در نمونه شاهد و سپس در دو تیمار حاوی (۱۰۰ درصد مالتیتول) و (۲۵٪ سوکرالوز، ۲۵٪ مالتیتول، ۵۰٪ ساکاروز به همراه گلوکز) مشاهده شد. بیشترین میزان قندهای ساده، همچنین بالاترین امتیاز طعم و مزه، نوع شیرینی و بالاترین امتیاز مجموع صفات، در نمونه شاهد و پس از آن در نمونه حاوی (۲۵٪ سوکرالوز، ۲۵٪ مالتیتول، ۵۰٪ ساکاروز به همراه گلوکز) مشاهده گردید. همچنین نمونه های حاوی (۸۰٪ سوکرالوز، ۵۰٪ مالتیتول) و (۱۰۰٪ سوکرالوز) پائین ترین امتیاز را در تردی و شکنندگی و مجموع صفات حسی کسب نمودند. طبق نتایج، پاپکون های پوشانده شده با شربت محتوی ۲۵ درصد سوکرالوز و ۲۵ درصد مالتیتول و ۵۰ درصد مخلوط ساکارز، گلوکز نزدیکترین نتایج را از نظر خصوصیات حسی و فیزیکی شیمیایی به نمونه شاهد دارا بودند.

**کلید واژگان:** مالتیتول، سوکرالوز، جایگزین ساکارز، ذرت حجیم شده شیرین، تنقلات.

## ۱- مقدمه

از دیرباز تنقلات یکی از اجزای اصلی خوراک انسان بوده و علاوه بر ارزش تغذیه ای، در بسیاری از مراسم، به تنهایی و یا به همراه غذاهای خاص از آنها استفاده می شده است. آنچه مشخص است، بشر این محصولات را به عنوان سالم ترین غذای کم حجم یا میان وعده ای با ارزش غذایی بالا، مد نظر داشته است. از بین این محصولات می توان به محصولاتی چون پسته، تخمه، فندق، بادام ... اشاره کرد که از تجارت گسترده ای برخوردار هستند. با توجه به حجم پائین تولید آن ها، قیمت این مواد نیز در سال های اخیر از رشد بالائی برخوردار بوده اند [۱]. در حال حاضر پاپکورن در اشکال و طعم های مختلف تولید می شود که معمولا طعم های شور آن حاوی طعم دهنده های طبیعی و شبه طبیعی با ۱/۵ درصد نمک می باشد که غالبا حالت پودری داشته و همراه با روغن بر روی محصول اسپری می گردد. در طعم های شیرین پاپکورن به روش غوطه وری از انواع شربت ها استفاده می شود و در تولید شربت ها، از انواع اسانس مایع، کارامل روکش شکلات و سایر مواد استفاده می شود. تهیه پاپ کورن به روش انفجاری بدین ترتیب می باشد که دانه در اتوکلاو در دمای ۱۸۰- ۱۶۰ درجه سلسیوس حرارت داده می شود که در اثر این امر دانه ترکیده و حجیم شده و صدای انفجار ایجاد می گردد. در این روش دانه های گندم، ذرت یا برنج تحت شرایط انفجاری ویژه ای حجیم شده و سپس از ترکیباتی مانند عسل، کاکائو یا مواد مشابه به عنوان روکش دهنده برای آنها استفاده می شود [۲]. امروزه با توجه به افزایش آگاهی مردم در زمینه نقش مخرب قندهای ساده بر سلامتی انسان، گرایش به استفاده از قندهای جایگزین و فاقد انرژی افزایش پیدا کرده که در این راستا از شیرین کننده های طبیعی نظیر پلی اول ها (سوربیتول، مالتیتول، مانیتول، زایلیتول و لاکتیتول)، استیویوزید و توماتین و همچنین شیرین کننده های سنتتیک نظیر اسپارتام، سوکرالوز و آسه سولفام پتاسیم می توان استفاده نمود [۳]. ساکارز به عنوان مهم ترین جزء اصلی موجود در فرآورده های شیرین مطرح می باشد که از عوارض مصرف آن می توان به افزایش ناگهانی و نامطلوب قند خون، دیابت و چاقی اشاره نمود. از دهه ۱۹۵۰ به بعد، نگرانی هایی در ارتباط با اثرات رژیم غذایی بر سلامت انسان بوجود آمد و مصرف زیاد کربوهیدرات ها و بخصوص ساکارز دلیل اصلی بیماری های

شایعی چون چاقی، دیابت، پوسیدگی دندان و بیماری های قلبی عروقی دانسته شدند. به طور کلی جایگزین های قند می بایست دارای طعم و ویژگی های مشابه ساکارز باشند و با شیرینی مشابه، مقادیر کمتری انرژی تولید نمایند. هم چنین باعث پوسیدگی دندان نشوند و از طرفی حساسیت زا، جهش زا، سرطان زا نبوده و اثرات سمی دیگری در بدن نداشته باشند. به علاوه بایستی نسبت به حرارت مقاوم و با سایر ترکیبات غذایی سازگار و از نظر اقتصادی با سایر شیرین کننده های موجود، قابل رقابت باشند [۴]. شربت مورد استفاده در تولید پاپکورن، شامل دو بخش قندی و غیرقندی می باشد که بخش غیر قندی آن شامل مواد طعم دهنده (پودر کاکائو، کارامل و انواع اسانس)، کره، لسیتین، بکینگ پودر و برخی افزودنی های دیگر بوده و بخش قندی آن عموما شامل ساکارز و گلوکز می باشد که پس از آماده شدن، به صورت شربت مورد استفاده قرار می گیرد و حدود ۵۰ درصد کل محصول را در بر می گیرد. در تولید پاپکورن شیرین، میزان رطوبت نهائی (کمتر از ۴ درصد) بسیار پر اهمیت بوده بطوری که در تهیه شربت آنها بایستی میزان رطوبتشان به کمترین مقدار خود برسد و به این خاطر از قندهای جایگزین علاوه بر اینکه نقش مهمی در طعم محصول ایفا می کنند، باید بتوانند ضمن ایجاد رطوبت حداقلی، خواص فیزیوشیمیایی و ارگانولپتیکی محصول را حفظ نمایند. استفاده از برخی شیرین کننده ها نظیر سوکرالوز، باعث نقصان میزان شربت شده و از مطلوبیت محصول نهایی خواهد کاست (به علت کاهش میزان پوشاندگی) که جهت رفع این مشکل می بایست از مواد قوام دهنده نظیر مالتودکسترین استفاده نمود [۲]. از آنجایی که شیرین کننده های سنتزی قادر به تأمین تمامی ویژگیهای ساکارز نمی باشند، می توان از ترکیباتی مانند قندهای الکلی به عنوان ترکیبات پرکننده جایگزین ساکارز در فرمولاسیون استفاده کرد [۵]. مالتیتول، نوعی قند الکلی است که از هیدروژناسیون کاتالیتیک شربت ذرت با مالتوز بالا به دست می آید. شربت ذرت با گلوکز و مالتوز بالا ماده اولیه ایست که مالتوز خالص توسط کروماتوگرافی جداسازی بر روی رزین های تبادل یونی از آن گرفته می شود. بسته به شرایط جداسازی، شربت های مالتوز با درجه خلوص های متفاوت (۹۵٪-۹۸٪) به دست می آیند. این شربت ها تا بخیار می شوند تا مواد جامد آنها به ۵۰٪ برسد سپس هیدروژنه می شوند. در مرحله بعد شربت های هیدورنه

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

در تحقیق حاضر، پاپکورن نوع باترفلای<sup>۱</sup> از شرکت کروان<sup>۲</sup> / آرژانتین، کره گیاهی از شرکت مهگل ایران، دکستروز از شرکت دکستروز ایران/ ایران، سوکرالوز و مالتیتول از شرکت سی وب<sup>۳</sup> / چین، لسیتین از شرکت امولگرین<sup>۴</sup> / آرژانتین، مالتودکسترین از شرکت پوران پودر سپاهان پودرکاکائو از شرکت جب فود<sup>۵</sup> / مالزی و کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این تحقیق، از شرکت Merck آلمان تهیه گردید.

### ۲-۲- روش‌ها

به منظور تولید پاپکورن شیرین در تحقیق حاضر، سه مرحله به شرح ذیل صورت گرفت: جهت تولید پاپکورن خام، از هوای داغ با دمای ۲۳۰°C استفاده شد. ذرت مورد استفاده از نوع باترفلای و یا ترجیحاً ذرت ماشروم بود. رطوبت مناسب جهت بهترین میزان بازشدگی حدود ۱۴ درصد لحاظ گردید. بعد از گذشت حدود ۱ دقیقه حرارت دهی، ذرت حجیم شده از یک الک عبور داده شد تا ذرت های باز نشده و ریز از سیستم جداگردد [۱۱]. در روش های معمول تولید شربت، جهت تولید شربت مصرفی در پاپکورن، شکر و گلوکز با نسبت مساوی با آب مخلوط شده، بر روی شعله قرار می گیرد و حرارت دهی ادامه یافته تا بریکس شربت به ۵۰ برسد که در این حالت شربت آماده می شود که همان شربت نمونه شاهد تحقیق می باشد اما برای تهیه شربت سایر تیمارهای تحقیق، از مالتیتول و سوکرالوز به عنوان جایگزین های شکر و گلوکز به نسبت های ذکر شده در جدول ۱ (تیمارهای مورد آزمون در تحقیق) استفاده گردید. در مرحله نهایی، شربت به داخل میکسر که دارای دمای ۱۵۰-۱۲۰ درجه سلسیوس بود منتقل شد، بدین صورت که پس از رسیدن دمای مخزن میکسر به دمای مورد نظر، شربت به سرعت تبخیر شده و در این زمان سایر مواد اضافه گشت، در ابتدا کره و بکینگ پودر اضافه شد و پس از ذوب شدن کره و افزایش حجم، نمک و لسیتین افزوده گردید و پس از آن در ادامه حرارت دهی، شیر خشک و پودر کاکائو به عنوان طعم دهنده افزوده شد و ترکیب حاصل،

شده با حامل های هیدروکلوئیدی (مانند آلژینات یا کربوکسی متیل سلولز) به روش پاششی خشک می شوند که این محصولات در حدود ۸۵٪ مالتیتول دارند [۶]. سوکرالوز، یک دی ساکارید جایگزین و یک شیرین کننده غیرمغذی است که توسط کلره کردن انتخابی ساکارز در سه گروه هیدروکسیل اولیه تولید می شود و شامل وارونگی ترتیب کربن ۴، از گلوکز به گالاکتوز است [۷]. محققان اظهار داشتند مالتودکسترین در مقایسه با نشاسته خام حلالیت بیش تری در آب دارد و محلول آن فاقد طعم ورنگ است؛ ضمن آن که نسبت به اکثر هیدروکلوئیدهای خوراکی مورد مصرف، ارزان تر می باشد؛ همچنین از این ترکیب به عنوان یک افزودنی غذایی با هدف بهبود خواص ژل کنندگی، قوام دهنده، ایجاد بافت، افزایش ویسکوزیته، کاهش دمای تبدیل فاز، افزایش مقاومت به دمای بالا، افزایش میزان ماده خشک، ممانعت از کریستالیزاسیون و کنترل دمای انجماد استفاده می شود. در سال های اخیر تلاش بسیاری برای تولید محصولات غله ای کم کالری انجام شده است [۸]. پیترسون و همکاران استفاده از قندهای جایگزین نظیر ایزومالت و مالتیتول را در پاپکورن مایکروویوی مورد بررسی قرار دادند، در این روش لازم است قند مورد استفاده نسبت به حرارت مقاوم باشد به همین علت از ایزومالت که دارای اثرات نامطلوب کمتر و مقاومت حرارتی بیشتری بود استفاده شد. نتایج نشان داد محصول بدست آمده از نظر ویژگیهای حسی عالی و پوشش آن از شیرینی کامل، بسیار خوب و با حداقل میزان سوختگی برخوردار بوده است [۹]. پاتیل و همکاران تاثیر سه قند اسپارتام، آسه سولفام K و سوکرالوز را بر روی اسنک ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سوکرالوز شیرینی بیشتری نسبت به دو قند دیگر داشته است به علاوه هر چند میزان تلخی ایجاد شده توسط سوکرالوز در مقایسه با ساکارز بیشتر بود لیکن نسبت به دو جایگزین دیگر کمتر بود. به علاوه پایداری شیرینی سوکرالوز نسبت به بقیه ترکیبات حتی ساکارز بیشتر بود [۱۰]. با توجه به موارد مطرح شده، هدف از تحقیق حاضر بکارگیری سوکرالوز و مالتیتول با هدف کاستن آسیب های ناشی از مصرف قندهای ساده، برخواص فیزیکوشیمیایی و حسی ذرت حجیم شده به روش انفجاری شیرین بود.

1. Butterfly
2. Crown
3. Sywb
4. Emulgrain
5. JBFood

آماده اضافه کردن به ذرت گشت. ذرت با مخلوط داخل میکسر به مدت ۴-۲ دقیقه هم زده شد و در نهایت محصول به قسمت خشک کن منتقل و شربت پوشانده شده بر روی ذرت خشک گردید و در نهایت پاپکورن شیرین آماده گردید [۲].

Table 1 Treatment of study

Treatment	Sucralose	Maltitol	Sucrose and glucose
C	-	-	100
P1	-	100	-
P2	100	-	-
P3	20	80	-
P4	25	25	50
P5	80	20	-
P6	50	50	-

طعم و مزه، به نمونه های نا مطلوب امتیاز (۱) و به نمونه های مطلوب امتیاز (۵)، اختصاص داده شد. همچنین ۱۰ نفر افراد آموزش دیده نمونه های محصول را از لحاظ ظاهر، بافت، تردی، طعم و رنگ مورد ارزیابی قرار دادند و امتیاز مشخصی را برای هر نمونه در نظر گرفتند. در امتیاز دهی مذکور، امتیاز ۱ برای پائین ترین کیفیت و امتیاز ۵ برای بالاترین کیفیت در نظر گرفته شد [۱۰].

### ۳-۲- تجزیه تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده ها، از طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. تحقیق حاضر دارای ۷ تیمار در ۳ تکرار بود. ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون مقایسه میانگین ها از نوع دانکن در سطح معنی داری ۱ درصد به منظور بررسی معنی دار بودن نتایج حاصل صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و نرم افزار Microsoft Office Excel انجام پذیرفت.

### ۳- نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از آزمایش، دانه های ذرت خام با داشتن ۱۴ درصد رطوبت، ۱/۵ درصد خاکستر کل، ۰/۰۵ درصد خاکستر نامحلول در اسید، در محدوده استاندارد بودند و جهت تولید محصول مناسب تشخیص داده شدند [۱۵].

نتایج حاصل از آزمون های فیزیکوشیمیایی پاپکورن های تولیدی

نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون های فیزیکوشیمیایی پاپکورن های تولیدی در جدول ۲ نشان می دهد که تمامی نمونه های تولیدی دارای محتوی رطوبت بالاتری نسبت به نمونه شاهد بوده اند که در ارتباط با نمونه های محتوی

### ۲-۲-۱- آزمون های فیزیکوشیمیایی ذرت خام

آزمون تعیین رطوبت مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶۹۰، آزمون تعیین خاکستر کل مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶۹۰، آزمون تعیین خاکستر نامحلول در اسید مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶۹۰ انجام شد [۱۵ و ۱۴ و ۱۳ و ۱۲].

### ۲-۲-۲- آزمون های فیزیکوشیمیایی پاپکورن تولیدی

آزمون تعیین رطوبت مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۵۶. آزمون تعیین خاکستر کل مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۵۶، آزمون تعیین خاکستر نامحلول در اسید: مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۵۶، آزمون بریکس شربت مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵، آزمون درصد قندهای ساده محلول مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ انجام شد [۱۵-۱۲].

### ۲-۲-۳- آزمون حسی

برای انجام آزمون حسی پاپکورن های تولیدی، از روش هدونیک پنج نقطه ای (آزمون لذت بخشی) و فرم های ارزشیابی مربوطه استفاده شد. به طوری که در فرم مربوطه در ارتباط با ویژگی تردی و شکنندگی، به نمونه های نرم و پلاستیکی، امتیاز (۱) و به نمونه های خیلی ترد و شکننده امتیاز (۲)، در ارتباط با ویژگی شکل ظاهری، به نمونه های شکسته شده امتیاز (۱) و به دانه کامل امتیاز (۵)، در ارتباط با ویژگی میزان پوشش، به نمونه های بدون رنگ امتیاز (۱) و به نمونه های با حداکثر رنگ امتیاز (۵)، در ارتباط با ویژگی نوع شیرینی، به نمونه های با شیرینی کم امتیاز (۱) و به نمونه های با شیرینی مطلوب امتیاز (۵)، در ارتباط با ویژگی

تر بود ( $p \leq 0.01$ ). همچنین نتایج مقایسه میانگین حاصل از درصد خاکستر پاپکورنهای تولیدی نشان می دهد که تمامی نمونه های تولیدی حاوی سوکرالوز و مالتیتول، درصد خاکستر کل را به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد افزایش داده اند ( $p \leq 0.01$ ) که دلیل آن می تواند به وجود قند الکلی و سوکرالوز مصرفی نسبت داد که دارای درصدهای مختلفی خاکستر بوده اند که در نسبت های گوناگون، منجر به افزایش خاکستر نمونه های تولیدی نسبت به نمونه شاهد گشته اند. نمونه P2 (حاوی سوکرالوز)، به طور قابل ملاحظه ای خاکستر کل بالاتری نسبت به نمونه شاهد و دیگر نمونه های تولیدی داشته است ( $p \leq 0.01$ ) و پس از آن نمونه های P5 و P6 دارای بالاترین مقادیر خاکستر بودند. لازم به ذکر است که نمونه های مذکور هر سه حاوی مقادیر متفاوتی از سوکرالوز بودند. کمترین میزان خاکستر در نمونه شاهد مشاهده شد که به طور معنی داری خاکستر کل پایین تری نسبت به دیگر تیمار ها دارا بود ( $p < 0.01$ ). بطور کلی میزان خاکستر کل می تواند به درجه خلوص قندهای الکلی یا سایر قندهای مصرفی نسبت داده شود. طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۰۹، حد قابل قبول خاکستر کل، حداکثر ۲/۵٪ می باشد که در برخی نمونه های مورد آزمون (P1, P3 و P4) در محدوده استاندارد بودند. نتایج مقایسه میانگین حاصل از درصد خاکستر نامحلول پاپکورنهای تولیدی نشان می دهد که نمونه P2 (حاوی سوکرالوز) خاکستر نامحلول در اسید بالاتری نسبت به دیگر نمونه های تولیدی داشته است ضمن آن که تفاوت معنی داری با کلیه تیمارها کسب نمود ( $p \leq 0.01$ ) و پس از آن نمونه های P5 و P6 (حاوی مقادیر بالای سوکرالوز)، بالاترین مقادیر خاکستر نامحلول در اسید را داشتند. به علاوه کمترین درصد خاکستر در نمونه شاهد مشاهده شد که به طور معنی داری خاکستر کل پایین تری نسبت به کلیه تیمار ها دارا بود ( $p \leq 0.01$ ). در نهایت میزان خاکستر نامحلول در اسید در برخی نمونه های مورد آزمون (P1, P3, P4 و P6) در حد استاندارد ارزیابی شدند. بطور کلی، خاکستر نامحلول در اسید را میتوان به میزان ناخالصی های موجود در نمونه نسبت داد که بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۰۹، حد قابل قبول خاکستر نامحلول در اسید، حداکثر ۰/۰۵٪ می باشد. نتایج مقایسه میانگین حاصل از درصد قندهای ساده پاپکورنهای تولیدی نشان می دهد که نمونه شاهد دارای بیشترین درصد

مالتیتول، علت این امر را بتوان به حضور قند الکلی ها در فرمولاسیون نسبت داد زیرا قند الکلی ها دارای گروه های هیدروکسیل زیاد بوده و تمایل به ننگ داشتن آب به طور نسبی در ساختمان خود را دارند [۱۶]. همچنین نمونه P2 که حاوی سوکرالوز بود، به طور معنی داری رطوبت بالاتری نسبت به نمونه شاهد و سایر نمونه ها کسب نمود ( $p \leq 0.01$ ) و پس از آن به ترتیب نمونه های P5 و P6 (دارای سوکرالوز) با مقادیر ۷/۲ و ۵/۲ درصد دارای بالاترین درصد رطوبت بودند. پایین ترین میزان رطوبت در نمونه شاهد و سپس تیمار P1 ملاحظه گشت که اختلاف معنی داری بین این دو نمونه مشاهده نشد ( $p > 0.01$ ). نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت با نتایج دهخدا و همکاران (۱۳۹۴) که عنوان نمودند در بررسی تاثیر ایزومالت و مالتیتول بر خصوصیات کیفی و حسی کیک اسفنجی، تیمار حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول در مقایسه با نمونه کنترل، اختلاف معنی داری از لحاظ درصد رطوبت نداشته است و این امر سبب می شود رطوبت به سرعت از بافت کیک خارج شده و در نتیجه میزان رطوبت محصول کاهش یابد [۱۷]. جلی و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی امکان جایگزینی ساکارز با کربوهیدرات های کم کالری نظیر سوکرالوز و ایزومالت در بیسکویت های قالب غلتکی، اینطور بیان نمودند که با کاهش میزان ساکارز و افزایش میزان مخلوط سوکرالوز و ایزومالت، رطوبت نمونه ها بطور معنی داری افزایش یافت [۱۸]. طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۰۹، حد قابل قبول رطوبت ذرت حجیم شده حدکثر ۴ درصد می باشد که تنها نمونه شاهد، P1, P3 و P4 دارای حد قابل قبول رطوبت بودند. در تولید پاپکورن شیرین میزان رطوبت نهائی (کمتر از ۴ درصد) بسیار پر اهمیت بوده بطوری که میزان رطوبت آنها بایستی به کمترین مقدار خود برسد و به این خاطر از قندهای جایگزین علاوه بر این که نقش مهمی در طعم محصول ایفا می کنند، باید بتوانند ضمن ایجاد رطوبت حداقلی، خواص فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی محصول را حفظ نمایند. نتایج مقایسه میانگین حاصل از درصد بریکس پاپکورن های تولیدی نشان می دهد که میزان بریکس نمونه شاهد به طور معنی داری بالاتر از بریکس دیگر تیمارها بوده است ( $p \leq 0.01$ ) و پس از آن تیمارهای P1 و P3 بالاترین مقادیر بریکس را دارا بودند و کمترین میزان بریکس در تیمار P2 ملاحظه گشت که به طور معنی داری از دیگر نمونه ها پایین

ملاحظه نگشت ( $p > 0.01$ ). طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۰۹، قندهای ساده شامل منو و دی ساکاریدها می باشد که برحسب دکستروز (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک) بیان می گردند و حد قابل قبول قندهای ساده، حداقل ۳۵٪-۲۵ است که این فاکتور تنها برای نمونه شاهد و P4، در حد استاندارد ارزیابی شد.

قندهای ساده (ساکارز و دکستروز) نسبت به دیگر نمونه های تولیدی بوده است و پس از آن نمونه P4 بالاترین درصد قندهای ساده را دارا بود. ضمن آن که بین آنها تفاوت معنی دار مشاهده گردید. همچنین بین دو تیمار مذکور با سایر تیمارها هم تفاوت معنی دار ملاحظه شد ( $p > 0.01$ ). از سویی کمترین درصد قندهای ساده در نمونه های P1، P5، P6 و P2 مشاهده گردید که اختلاف معنی داری بین تیمارهای مذکور

**Table 2** Mean comparison of physicochemical properties of sweet popcorn

	C	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Moisture(%)	2.8±0.02 <sup>f</sup>	3.2±0.02 <sup>ef</sup>	8.3±0.02 <sup>a</sup>	3.3±0.02 <sup>de</sup>	3.8±0.01 <sup>d</sup>	7.2±0.01 <sup>b</sup>	5.2±0.02 <sup>c</sup>
Brix(%)	60±2 <sup>a</sup>	57±2 <sup>b</sup>	52±2 <sup>e</sup>	56±1 <sup>bc</sup>	55±2 <sup>cd</sup>	54±1 <sup>d</sup>	54±1 <sup>d</sup>
Total ash(%)	1.61±0.02 <sup>f</sup>	2.13±0.01 <sup>e</sup>	3.67±0.01 <sup>a</sup>	2.38±0.01 <sup>d</sup>	2.2±0.02 <sup>de</sup>	3.36±0.02 <sup>b</sup>	2.9±0.02 <sup>c</sup>
Insoluble ash (%)	0.03±0.01 <sup>e</sup>	0.04±0.02 <sup>d</sup>	0.083±0.01 <sup>a</sup>	0.053±0.02 <sup>c</sup>	0.052±0.01 <sup>c</sup>	0.071±0.01 <sup>b</sup>	0.068±0.01 <sup>b</sup>
Simple sugars(%)	45±2.11 <sup>a</sup>	3±0.01 <sup>c</sup>	5±0.02 <sup>c</sup>	3.5±0.02 <sup>c</sup>	27.4±0.02 <sup>b</sup>	4.8±0.02 <sup>c</sup>	4.1±0.01 <sup>c</sup>

In each row, mean that at least one letter in common, according to Duncan's test, not significant difference at 1%

حد در محصول شده و برای رسیدن به بافت بهتر جایگزینی بخشی از سوربیتول با پلی دکستروز یا ایزومالتوز پیشنهاد می شود. مالتیتول نیز مانند سوربیتول بافت نرم تری را نسبت به ساکارز ایجاد می کند، بنابراین برخی از قندهای الکلی مانند مالتیتول، سوربیتول و زایلیتول باعث ایجاد بافت مغز نرم در کیک های اسفنجی خواهند شد [۷]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی شکل ظاهری نشان می دهد که نمونه P3 به طور معنی داری، دارای بالاترین امتیاز شکل ظاهری نسبت به دیگر نمونه های تولیدی بوده است ( $p \leq 0.01$ ) و پایین ترین امتیاز شکل ظاهری متعلق به نمونه های P2 و P5 اختصاص داده شد که اختلاف معنی داری از لحاظ آماری بین این تیمارها ملاحظه نگشت ( $p > 0.01$ ). مطابق با فرم ارزیابی حسی پاپکورن، شکل ظاهری، دارای ضریب ۲ می باشد بطوریکه به نمونه های شکسته امتیاز ۱ و به نمونه های دانه کامل، امتیاز ۵ اختصاص می یابد. مارتینز و همکاران در سال ۲۰۱۲، در بررسی اثر جایگزینی ساکارز توسط سوکرالوز و پلی دکستروز بر خواص رئولوژیکی و حسی مافین مشخص نمودند که نمونه های مافین با ۵۰ درصد جایگزینی ساکارز به لحاظ ویژگی های ظاهری شبیه نمونه شاهد بودند اما نمونه هایی که در آن ساکارز به طور کامل به وسیله مخلوط سوکرالوز و مالتودکستروز جایگزین شده بودند از نظر مصرف کنندگان قابل پذیرش نبودند [۱۸]. راندا و همکاران در سال ۲۰۱۲، بیان نمودند که در میان قندهای مالتیتول، مانیتول، زایلیتول، سوربیتول، ایزومالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی دکستروز در محصولات پخت، بهترین نتیجه جایگزینی ساکارز با پلی

### نتایج حاصل از آزمون حسی نمونه های پاپکورن

نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی نمونه های پاپکورن در جدول ۳ نشان می دهد که نمونه P1 و شاهد دارای بالاترین امتیاز تردی و شکنندگی نسبت به دیگر نمونه های تولیدی بوده است و پایین ترین امتیاز تردی و شکنندگی به نمونه های P5 و P2 اختصاص داده شد که اختلاف معنی داری از لحاظ آماری بین آنها ملاحظه نگشت ( $p > 0.01$ ). به طور کلی، در فرم ارزیابی حسی پاپکورن، فاکتور تردی و شکنندگی دارای بالاترین ضریب (ضریب ۵) می باشد که در ارزشیابی نهایی نمونه ها بسیار حائز اهمیت است. محققان بیان نمودند که جایگزینی ساکارز تا سطح ۸۰ درصد با مخلوط سوکرالوز- دکستروز در کیک چیفون، سبب سفتی زیاد مغز کیک های تولیدی شده ضمن آنکه مقبولیت کلی کیک ها از نظر مصرف کنندگان به طور معنی داری کاهش پیدا کرد [۱۷]. ساویتا و همکاران، به بررسی اثر سوکرالوز و مالتودکستروز بر خواص فیزیکی و شیمیایی بیسکویت نشان دادند، با افزایش جایگزینی ساکارز، سفتی بافت، مطلوبیت رنگ، تردی و خصوصیات فیزیکی کاهش یافته است که این امر را به دلیل کاهش اثر به تأخیر اندازی دمای ژلاتینه شدن نشاسته توسط شکر نسبت دادند که به کاهش تردی بیسکویت منجر شده است [۷]. محققان اینطور بیان نموده اند که بکارگیری قندهای الکلی مانند سوربیتول به عنوان ترکیب حجم دهنده جهت جایگزینی با ساکارز در کیک و کوکی منجر به نرمی بیش از

جایگزین دیگر کمتر بود [۱۰]. همچنین مارتینز و همکاران (۲۰۱۲) در طی مطالعه ای به بررسی اثر جایگزینی ساکارز توسط سوکرالوز و پلی دکستروز بر خواص رئولوژیکی و حسی مافین پرداختند و نتایج مشخص نمود که نمونه های مافین با ۵۰ درصد جایگزینی ساکارز به لحاظ طعم بسیار مشابه نمونه شاهد بودند [۲۰]. همچنین در تحقیقی دیگر، تأثیر جایگزینی ساکارز در سطوح مختلف با مخلوط کم کالری سوکرالوز- مالتودکسترین بر ویژگی های کیفی شیرینی قطاب، بررسی شد. طبق نتایج، با افزایش میزان جایگزینی در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد، از میزان شیرینی به طور معنی داری کاسته شد. اما نتایج حاصل از ارزیابی حسی شیرینی قطاب نشان داد که جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز- مالتودکسترین به میزان ۵۰ درصد، انتخاب مناسبی جهت تولید شیرینی های کم کالری قطاب بوده است [۱۷]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی نوع شیرینی نمونه های پاکورن در جدول ۴-۲۰ نشان می دهد که نمونه های شاهد و P4 به طور معنی داری، بالاترین امتیاز نوع شیرینی را نسبت به دیگر نمونه های تولیدی دارا بوده اند و نمونه های P2 و P6 کمترین امتیاز نوع شیرینی را دارا بوده اند. فاکتور نوع شیرینی دارای ضریب ۳ در امتیاز دهی می باشد که به نمونه های با طعم مطلوب امتیاز ۵ و نمونه های با طعم نامطلوب امتیاز ۱ تعلق گرفت. به طور کلی امتیاز نوع شیرینی، مطلوبیت طعم را بیان می نماید. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد که جایگزینی ۱۰۰ درصد سوکرالوز با ساکارز و گلوکز یعنی تیمار P2 منجر به کاهش امتیاز اختصاص داده شده به نوع شیرینی پاکورن گشته است. همچنین بکارگیری نسبت های قندهای مذکور در نوع شیرینی حاصل در محصول بسیار حائز اهمیت بوده است زیرا که پاکورن های پوشانده با شربت محتوی ۵۰ درصد سوکرالوز و ۵۰ درصد مالتیتول نیز نتوانستند امتیاز خوبی را در نوع شیرینی به خود اختصاص دهند. پاتیل و همکاران (۲۰۱۴)، در بررسی تأثیر سوکرالوز بر روی ویژگی های کیفی محصول اسنک، اینطور بیان نمودند که میزان تلخی ایجاد شده توسط سوکرالوز در مقایسه با ساکارز بیشتر بوده است [۱۰]. مارتینز (۲۰۱۲) طی مطالعه ای، اثر جایگزینی ساکارز توسط سوکرالوز و پلی دکستروز بر خواص رئولوژیکی و حسی مافین را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که نمونه های مافین با ۵۰ درصد جایگزینی ساکارز به لحاظ طعم شبیه

اول های زایلیتول و مالتیتول بوده زیرا کیفیت محصولات بسیار مشابه با نمونه های تهیه شده با ساکارز بودند ضمن آن که بیشترین مقبولیت در ویژگی های حسی را دارا بودند [۱۹]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی میزان پوشش نمونه های پاکورن نشان می دهد که نمونه های P3, P6, P1, P2 به طور معنی داری، دارای بالاترین امتیاز میزان پوشش نسبت به دیگر نمونه های تولیدی بوده اند که اختلاف معنی داری از لحاظ آماری بین این تیمارها ملاحظه نگشت. پایین ترین امتیاز پوشش به نمونه های C و P4 اختصاص یافت که اختلاف معنی داری بین لحاظ آماری بین آنها مشاهده نشد ( $p>0.01$ ). مطابق با فرم ارزیابی حسی پاکورن، فاکتور پوشش دارای ضریب ۳ می باشد بطوریکه به نمونه های با حداکثر رنگ، امتیاز ۵ و نمونه های بدون رنگ، امتیاز ۱ اختصاص داده شد. پیترسون و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از قندهای جایگزین نظیر ایزومالت و مالتیتول را در پاکورن های میکروویوی مورد بررسی قرار دادند، در این روش لازم است قند مورد استفاده نسبت به حرارت مقاوم باشد به همین علت از ایزومالت که دارای اثرات نامطلوب کمتر و مقاومت حرارتی بیشتری بود استفاده شد. نتایج نشان داد محصول بدست آمده از نظر ویژگی های حسی عالی و پوشش آن از شیرینی کامل، بسیار خوب و با حداقل میزان سوختگی برخوردار بود [۹]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی میزان شیرینی نمونه های پاکورن نشان می دهد که نمونه P2 دارای بالاترین امتیاز میزان شیرینی نسبت به دیگر نمونه های تولیدی بوده است هر چند که اختلاف معنی داری از لحاظ آماری در امتیازات اختصاص یافته بین شیرینی تیمار P2، با نمونه های شاهد و P5 به طور حسی ملاحظه نگشت و این تیمارها بالاترین امتیاز شیرینی را دارا بودند ( $p>0.01$ ). مطابق با فرم ارزیابی حسی پاپ کورن، فاکتور میزان شیرینی در ارزیابی حسی پاکورن های تولیدی، دارای ضریب ۳ در امتیاز دهی می باشد بطوریکه به نمونه های با شیرینی مطلوب، امتیاز ۵ و به نمونه های با شیرینی نامطلوب، امتیاز ۱ اختصاص یافت. پاتیل و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر قندهای اسپارتام، آسه سولفام K و سوکرالوز بر ویژگی های کیفی اسنک ها، نشان دادند که سوکرالوز شیرینی بیشتری نسبت به دو قند دیگر داشته است به علاوه هر چند میزان تلخی ایجاد شده توسط سوکرالوز در مقایسه با ساکارز بیشتر بود لیکن نسبت به دو

مارتینز و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر جایگزینی ساکارز توسط سوکرالوز و پلی دکستروز بر خواص رئولوژیکی و حسی مافین پرداختند و نتایج نشان داد که نمونه های مافینی که در آن ساکارز به طور کامل به وسیله مخلوط سوکرالوز و مالتودکسترین جایگزین شده بودند از نظر مصرف کنندگان قابل پذیرش نبوده است [۲۰]. راندا و همکاران (۲۰۰۵)، در بررسی تاثیر قندهای الکلی و الیگوساکاریدها غیر قابل هضم در ویژگی های کیفی کیک اسفنجی رژیمی، اینطور بیان نمودند که نمونه های حاوی مالتیتول پس از نمونه شاهد به نسبت سایر قند های الکلی امتیاز حسی بیشتری داشته اند [۱۹]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمون حسی مجموع صفات حسی نمونه های پاکورن نشان می دهد که نمونه های شاهد و P4 به طور معنی داری، بالاترین امتیاز مجموع صفات حسی را نسبت به دیگر نمونه های تولیدی دارا بوده اند و اختلاف معنی داری از لحاظ آماری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نگشت ( $p > 0.01$ ) به علاوه پایین ترین امتیاز مجموع صفات حسی متعلق به تیمارهای P2 (حاوی ۱۰۰ درصد سوکرالوز) و P5 (حاوی ۸۰ درصد سوکرالوز و ۲۰ درصد مالتیتول) بود. به طور کلی امتیازات اختصاص یافته به فاکتور مجموع صفات حسی، مهمترین ارزیابی را در انتخاب تیمارهای مناسب ارائه می دهد. مکمل و گلدمیت در سال ۲۰۱۰، در تحقیقات خود، سوکرالوز را به عنوان بهترین جایگزین قند ساکارز معرفی نمودند زیرا کمترین تغییرات حسی را نسبت به سایر شیرین کننده ها ایجاد کرده بود [۱۱]. بریزولاو همکاران (۲۰۱۴) اینطور بیان نمودند که سوکرالوز دارای طعم نامطلوبی نبوده و در دمای بالا پایدار می باشد به طوری که طعمی شیرین داشته و شیرینی آن در دهان باقی می ماند [۲۱]. راندا و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در میان قندهای مالتیتول، مانیتول، زایلیتول، سوربیتول، ایزومالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی دکستروز بهترین نتایج در نتیجه جایگزینی ساکارز با زایلیتول و مالتیتول حاصل شده است که مشابه با نمونه های تهیه شده با ساکارز بوده و بیشترین مقبولیت را در ویژگیهای حسی به همراه داشته است [۱۹].

نمونه شاهد بودند اما نمونه هایی که در آن ساکارز به طور کامل به وسیله مخلوط سوکرالوز و مالتودکسترین جایگزین شده بودند از نظر مصرف کنندگان قابل پذیرش نبودند [۲۰]. جلی و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی امکان جایگزینی ساکارز با سوکرالوز را در بیسکویت عنوان کردند و بیان نمودند که نمونه های حاوی سوکرالوز از نظر طعم، تردی و پذیرش کلی تفاوت معنی داری با نمونه شاهد داشته است. نتایج نشان داد به علاوه مناسب ترین سطوح جایگزینی ساکارز، مقادیر ۵۰ و ۷۵ درصد بوده که نزدیک ترین نتایج را از نظر خصوصیات حسی و فیزیکی شیمیایی به بیسکویت شاهد داشتند [۱۸]. ساویتا و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی تأثیر جایگزینی ساکارز با سوکرالوز- مالتودکسترین بر خواص کیفی بیسکویت، نشان دادند که می توان ۳۰ درصد ساکارز در فرمولاسیون بیسکویت را توسط مخلوط سوکرالوز و مالتودکسترین جایگزین کرد به طوری که خواص کیفی بیسکویت های کم کالری تولیدی قابل مقایسه و مشابه با بیسکویت های معمولی بوده ضمن آن که شیرینی آنها قابل قبول ارزیابی گردید [۷]. پاتیل و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که در کیک اسفنجی و در میان قندهای مالتیتول، مانیتول، زایلیتول، سوربیتول، ایزومالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی دکستروز بهترین نتایج در نتیجه جایگزینی ساکارز با زایلیتول و مالتیتول حاصل شده است که ویژگی هایی مشابه با نمونه کنترل ایجاد نموده است [۱۰]. نتایج مقایسه میانگین حاصل از آزمونهای حسی طعم و مزه نمونه های پاکورن در جدول ۴-۲۲ نشان می دهد که نمونه های شاهد و P4 به طور معنی داری، بالاترین امتیاز طعم و مزه را نسبت به دیگر نمونه های تولیدی دارا بوده اند ( $p \leq 0.01$ ) و اختلاف معنی داری از لحاظ آماری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نگشت ( $p > 0.01$ ) و کمترین امتیاز طعم و مزه به دیگر تیمارها (P1, P3, P2, P6 و P5) اختصاص یافت که اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند ( $p > 0.01$ ). در تحقیق حاضر این طور به نظر می رسد که نمونه های محتوی درصد های بالاتر سوکرالوز توانسته اند طعم و مزه بهتری را در محصول ایجاد نمایند. فاکتور طعم و مزه دارای ضریب بالا (ضریب ۴) در امتیاز دهی می باشد که در ارزشیابی نهایی نمونه ها بسیار حائز اهمیت است به طوری که به نمونه های با طعم و مزه مطلوب، امتیاز ۵ و به نمونه های با طعم و مزه نامطلوب، امتیاز ۱ اختصاص یافت.



**Table 2** Mean comparison of organoleptic properties of sweet popcorn

	C	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>Kind of sweet</b>	5±0.02 <sup>a</sup>	4.7±0.02 <sup>b</sup>	4±0.02 <sup>d</sup>	4.2±0.02 <sup>c</sup>	4.8±0.02 <sup>ab</sup>	4.2±0.02 <sup>c</sup>	4.1±0.02 <sup>cd</sup>
<b>Taste</b>	4.9±0.02 <sup>a</sup>	3.9±0.02 <sup>b</sup>	4.1±0.02 <sup>b</sup>	4.1±0.02 <sup>b</sup>	4.7±0.02 <sup>a</sup>	4.1±0.02 <sup>b</sup>	3.9±0.02 <sup>b</sup>
<b>Total traits</b>	93.8±0.02 <sup>a</sup>	83.9±0.02 <sup>c</sup>	77.6±0.02 <sup>d</sup>	86±0.02 <sup>b</sup>	89.7±0.02 <sup>a</sup>	78±0.02 <sup>d</sup>	84.1±0.02 <sup>c</sup>
<b>Coverage</b>	4.2±0.02 <sup>b</sup>	4.7±0.02 <sup>a</sup>	4.7±0.02 <sup>a</sup>	4.7±0.02 <sup>a</sup>	4.3±0.02 <sup>b</sup>	4.2±0.02 <sup>b</sup>	4.8±0.02 <sup>a</sup>
<b>Tenderness</b>	4.8±0.02 <sup>ab</sup>	4.9±0.02 <sup>a</sup>	3.2±0.02 <sup>d</sup>	4.1±0.02 <sup>c</sup>	4.1±0.02 <sup>c</sup>	3.2±0.02 <sup>d</sup>	4.4±0.02 <sup>bc</sup>

In each row, mean that at least one letter in common, according to Duncan's test, not significant difference at 1%

[7] Savitha, Y. S., Indrani, D. & Prakash, J. (2008). Effect of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough and quality of soft dough biscuit. *Journal of Texture Study*, 39: 605-616.

[8] Chronakis, I. S. (1998). On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 599-637.

[9] Peterson, K. & Gary, V. (2012). Light glaze for popcorn, Diamond Food, Inc.

[10] Patil, S., Ravi, R., Saraswathi, G. & Prakash, M. (2014). Development of low calorie snack food based on intense sweeteners. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12): 4096 - 4101.

[11] Caccual, J. (1974). Process for Producing Flavored Popcorn. 264pages. London Pub.

[12] Anonymous. (2001). Iranian National Standard, No: 5656. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Corn grits. Test characteristics and methods.

[13] Anonymous. (2006). Iranian National Standard, No. 2552. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Cake, Test characteristics and methods.

[14] Anonymous. (2007). Iranian National Standard, No: 4509. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Puffed corn. Test characteristics and methods.

[15] Anonymous. (2007). Iranian National Standard, No: 10690. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. Corn. Test characteristics and methods.

[16] Akesson, A. (2009). Quality of reduced fat chiffon cakes prepared with erythritol sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8: 1383-1386.

[17] Dehkoda, M., Khodaiyan, F. & Movahhed, S. (2015). Effect of isomalt and

#### ۴- نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق نشان داد که پاپکورن های پوشانده با شربت محتوی ۲۵ درصد سوکرالوز و ۲۵ درصد مالتیتول و ۵۰ درصد مخلوط ساکارز، گلوکز نزدیک ترین نتایج را از نظر خصوصیات حسی و فیزیکی شیمیایی به پاپکورن شاهد داشته و می تواند با ایجاد خصوصیات بافتی مناسب، تولید و به بازار مصرف ارائه گردد تا ضمن حفظ بافت و تردی مورد نظر، در کاهش کالری دریافتی و سلامتی مصرف کنندگان سودمند باشد.

#### ۵- منابع

- [1] Kent Jones, D. W. & Amos, A. J. (1980). *Modern Cereal Chemistry*. 423 Pages. API Pub.
- [2] Helmut, H. (1985). *Process for the Production of Caramelized or Sugar-Glazed Popcorn*. 328 Pages. LUB Pub.
- [3] Manisha, G., Soumya, C. & Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids*, 29: 363-373.
- [4] Movahhed, S. 2011. *Bread Science*. First Edition. Marze Danesh Press. 188p. (In Persia).
- [5] Zoulias, E. I., Piknis, S. & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame - K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 2049-2056.
- [6] Kristott, J. U. & Jones, S. A. (1992). Physical properties of polyols, polydextrose and their solutions. *Leatherhead Food RA, Scientific and Technical Surveys*, 173: 342-351.

- [20] Martinez, S., Sanz, A. & Salvador, S. (2012). Rheological textural and sensorial properties of low sucrose muffins reformulated with sucralose polydextrose. *Journal of Food Science and Technology*, 45: 213-220.
- [21] Brizuela, A. B., Castillo, M.V., Raschi, A. B., Davies, L. & Romano, E. (2014). A complete assignment of the vibrational spectra of sucrose in aqueous medium based on the SQM methodology and SCRF calculations. *Journal of Molecular Structure*, 1074: 144-156.
- maltitol on quality and sensory properties of sponge cake. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 46(2): 147-155.
- [18] Jelli, A., Keramat, J., Hojatoleslami, M. & Jahadi, M. (2013). Effect of replacement sucrose with sucralose and isomalt on physicochemical properties of biscuit roll format. *Food Technology*, 1(3): 49-64.
- [19] Ronda, F., Gamez, M., Blanco, C. A. & Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of Sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90(4): 549-555.

## Effect of sucralose and maltitol on physicochemical and sensory properties of sweet popcorn

Kargari Dehkordi, A.<sup>1</sup>, Movahhed, S.<sup>2\*</sup>, Khorshidpour, B.<sup>3</sup>

1. MSc Student, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

2. Associate Professor, Department of Food Science, Varamin- Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3. Department of Food Science, Varamin -Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

(Received: 2016/12/06 Accepted:2017/01/31)

Many products are produced from corn that sweet popcorn is one of them. One of the approved methods for the production of this product is removing of sucrose and glucose and replaces it with a mixture of low-calorie sweeteners. In this research, the effect of different levels of maltitol and sucralose were studied on some of physicochemical and sensory properties of sweet popcorn that was produced by sweet explosive method. Based on the results, the amount of moisture, ash and acid insoluble ash in sample containing 100% sucralose was higher than other samples which were reduced sensory satisfaction. The lowest moisture was observed in control sample and containing 100% maltitol. The highest values of syrups brix was observed in control sample and after in (100% maltitol) and (25% sucralose, 25% maltitol, 50% equal mix of sucrose and glucose). Most of the simple sugars and the highest taste rating, sweetness and total sensory attributes were observed in the control sample and then in (25% sucralose, 25% maltitol, 50% equal mix of sucrose and glucose). The samples containing (80% sucralose, 50% maltitol) and (100% sucralose) had the lowest fractureability and fragility and total sensory attributes, respectively. The results showed that the coated popcorn with sucralose and 25% maltitol syrup containing 25% and 50% mixture of sucrose, glucose closest to the results of sensory and physicochemical properties of the sample was obtained.

**Key Words:** Maltitol, Sucralose, Sugar substitutes, Expanded sweet corn, Nuts.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: phd\_movahhed23@yahoo.com