

بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز بر خواص فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی کم کالری

سیده الهام موسوی کلجاهی^{۱*}، امیر بابایی صدر^۲

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران.

۲- کارشناس ارشد، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۳۰)

چکیده

تغییرالگوی زندگی و کم شدن تحرک بدنیا افراد منجر به بروز مشکلاتی نظیر چاقی، اضافه وزن و فشارخون گردیده است لذا تلاش برای تولید مواد غذایی با میزان چربی، شکر، نمک کمتر و فیبر بیشتر افزایش یافته است. در همین راستا، امکان‌سنجی جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز در سطوح مختلف (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و اثر آن بر خواص فیزیکی و شیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی کم کالری مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش نسبت جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز میزان ویسکوزیته خمیر، فعالیت آبی، رطوبت و تغییرات رنگی نمونه‌های کیک روغنی افزایش و از ارتفاع و کالری نمونه‌ها کاسته شد؛ همچنین افزایش سطح جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز منجر به نرم‌تر شدن بافت نمونه‌ها گردید و بر pH نمونه‌ها تاثیر معنی‌داری نداشت، در حالیکه افزایش سطح جایگزینی در نسبت‌های بیشتر از ۵۰ درصد اثر نامطلوبی در میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی داشت؛ بنابراین با در نظر گرفتن برآیند نتایج به دست آمده می‌توان چنین بیان نمود که با استفاده از مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز (با نسبت ۷۰ به ۳۰) تا سطح ۵۰ درصد میزان ساکارز مصرفی، می‌توان به محصولی با ویژگی‌ها مطلوب دست یافت.

کلید واژگان: ایزومالت، کم کالری، کیک، مالتودکستریز

۱- مقدمه

افزایش شیوع چاقی در کشورهای خاورمیانه از جمله ایران ناشی از تغییرات سریع در شیوه زندگی، بی تحرکی، کاهش فعالیت بدنی و افزایش مصرف غذاهای غنی از قندها و چربی‌ها می‌باشد [۱]؛ در این راستا و به دلیل افزایش آگاهی‌های تغذیه‌ای، غذاهای کم کالری که سلامتی را ارتقا داده و خطر ابتلا به بیماری‌ها را کاهش دهند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲]. یک از فراورده‌های پرمصرف در میان اقشار مختلف جامعه است که از ۲۰ الی ۴۰ درصد ساکارز تشکیل شده است. با توجه به بالا بودن میزان کالری آن، مصرف بیش از حد این فراورده خطر ابتلا به به بیماری‌های مختلف را افزایش می‌دهد [۳]، همچنین به دلیل عدم متابولیسم شدن گلوکز حاصل از هیدرولیز ساکارز در بدن بدون وجود انسولین و افزایش سطح قند خون در افراد دیابتی به دلیل تولید مقادیر پایین انسولین در پانکراس (دیابت نوع ۱) و کاهش گیرنده‌های انسولین در سطح سلول‌ها (دیابت نوع ۲) [۴]، کاهش میزان شکر و متعاقباً کالری یک به شرط حفظ خواص حسی مطلوب امری بسیار مهم و حائز اهمیت است. ساکارز علاوه بر نقش شیرین‌کنندگی، به الحاق حباب‌های هوا، ایجاد ساختار، طعم و بافت مناسب در یک کمک می‌کند، همچنین این ماده در حفظ رطوبت، تازه ماندن و بهبود رنگ پوسته یک نیز موثر است. از این رو کاهش یا جایگزینی آن در یک بر ویژگی‌های ساختاری و حسی محصول نهایی اثرگذار می‌باشد [۵]؛ بنابراین انتخاب نوع مناسب جایگزین برای ساکارز که علاوه بر ایجاد طعم شیرین دارای خواص عملکردی مناسب نیز باشد، از اهداف مهم صنعت غذا است. در این راستا استفاده از مخلوط شیرین‌کننده‌ها و حجم‌دهنده‌ها جهت تولید محصولی با خصوصیات کیفی مطلوب راه حل مناسبی به نظر می‌رسد.

قندهای الکلی یا پلی‌ال‌ها به واسطه خواصی نظیر عدم جذب کامل در دستگاه گوارش و متابولیسم مستقل از انسولین در صورت جذب [۶] و با داشتن ویژگی‌های فراسودمند [۷] به عنوان جایگزین‌های مناسبی برای شکر در فراورده‌های غذایی شیرین هستند؛ با این حال استفاده بیش از حد از این ترکیبات (بیشتر از ۲۰ گرم در روز) منجر به بروز مشکلات گوارشی می‌گردد [۸]؛ در میان پلی‌ال‌ها، ایزومالت تنها شیرین‌کننده

حجم‌دهنده‌ای است که منحصراً از ساکارز مشتق شده و شامل دو ایزومر گلوکو پیرانوزیل سوربیتول و گلوکو پیرانوزیل مانیتول می‌باشد [۹]. ایزومالت دارای مزه شیرین ضعیف (۰/۴۵ تا ۰/۶ برابر ساکارز) و بدون پس طعم بوده و انتقال طعم را در مواد غذایی تقویت می‌کند، همچنین تنها ۵۰ درصد ایزومالت در بدن متابولیزه می‌شود که انرژی معادل ۲ کیلوکالری بر گرم تولید می‌کند [۱۰]. جذب رطوبت پایین ایزومالت باعث می‌شود که محصولاتی که منحصراً بر پایه ایزومالت هستند ماندگاری طولانی داشته باشند [۱۱ و ۱۲]. ساختار شیمیایی ایزومالت در برابر درجه حرارت‌های بالا تغییر نمی‌کند لذا کاربرد این ماده در فراورده‌های پخت از قبیل کیک و کلوچه بسیار مناسب است [۱۲]؛ از دیگر ترکیبات مورد استفاده در صنایع پخت که به عنوان یک افزودنی غذایی با هدف بهبود خواص ژل‌کنندگی، قوام‌دهندگی، ایجاد بافت، افزایش ویسکوزیته، کاهش دمای تبدیل فاز، افزایش مقاومت به دمای بالا، افزایش ماده خشک و ممانعت از کریستالیزاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد، مالتودکسترین است. این ماده پلیمری از ساکاریدهای فاقد طعم شیرین است که مخلوطی از ترکیبات با وزن مولکولی بین پلی‌ساکاریدها و الیگوساکاریدها بوده (دکستروزاکتی‌والان آن کمتر از ۲۰) و نشاسته ذرت ماده خام اصلی در تولید آن می‌باشد [۱۳]؛ با این حال مالتودکسترین در مقایسه با نشاسته خام حلالیت بیشتری در آب دارد و محلول آن فاقد طعم و رنگ است و نسبت به اکثر هیدروکلوئیدهای خوراکی ارزان‌تر می‌باشد [۱۴ و ۱۵]. نقش مالتودکسترین در فراورده‌های نانوائی و قنادی کنترل و حفظ رطوبت، ایجاد بافت مناسب، احساس دهانی نرم و مطلوب می‌باشد [۱۶]. از تحقیقات صورت گرفته در این راستا می‌توان به بررسی صورت گرفته توسط هاریسون و بارانل (۲۰۱۲) اشاره نمود که اثر جایگزینی شکر با مخلوط شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و مالتودکسترین-ایزومالت با نسبت‌های ۷۰:۳۰ درصد، ۶۰:۴۰ درصد و ۵۰:۵۰ درصد در کوکی شکلاتی را مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج بررسی این محققان نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی شکر قطر کوکی‌ها، سفتی و شدت رنگ قهوه‌ای کاهش و ضخامت و فعالیت آبی افزایش می‌یابد

بیکنینگ پودر و تخم مرغ از انبار مواد اولیه گروه صنعتی نجاتی (آنانا) تهیه گردید.

۲-۲- روش تولید کیک

در این پژوهش تولید کیک روغنی به صورت قالبی و مطابق مقادیر تعریف شده در جدول ۱ صورت گرفت. در ابتدا تخم-مرغ به همراه شکر و امولسیفایر (لسیتین) توسط یک مخلوط-کن با دور بالا به مدت ۳ دقیقه کاملاً مخلوط شد (مرحله کرم). در مرحله دوم، روغن و آب به مخلوط اضافه گردید و مواد با دور بالای همزن مخلوط شدند. بعد از این مرحله آرد، وانیل، بیکنینگ پودر و نمک به مخلوط اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه با سرعت متوسط، عمل مخلوط نمودن انجام گرفت. خمیر بعد از آماده شدن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس پخت گردید [۱۹]. جهت تولید کیک‌های کم‌کالری، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکسترین (به نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد) جایگزین شد. شایان ذکر است، به منظور بررسی و به دست آوردن نسبت بهینه ایزومالت به مالتودکسترین در ابتدا تیمارهای مختلف بر اساس سطوح متفاوت متغیرها تست گردید و در نهایت نسبت بهینه آنها انتخاب شد. نمونه‌های کیک پس از خنک شدن در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلینی با درزبندی حرارتی بسته‌بندی شدند و جهت انجام آنالیزهای بعدی در دمای اتاق نگهداری گردیدند.

و از نظر خواص حسی تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های تولیدی و گروه شاهد وجود ندارد [۱۷]. همچنین ساویتا و همکاران (۲۰۰۸)، به بررسی تاثیر جایگزینی ساکارز با سوکرالوز و مالتودکسترین بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت بیسکویت حاصل از آن پرداختند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد، می‌توان ۳۰ درصد شکر در فرمولاسون بیسکویت را توسط مخلوط سوکرالوز-مالتودکسترین جایگزین نمود [۱۸].

بنابراین با توجه به مطالعات فوق و با توجه به مصرف بالای کیک در بین اقشار مختلف جامعه و از طرفی مشکلات حاصل از مصرف بالای ساکارز نظیر کالری بالا، آسیب به دندان‌ها و افزایش تعداد بیماران دیابتی، هدف از این مطالعه بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکسترین بر خواص فیزیکیوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی کم کالری می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه مورد استفاده

در این تحقیق، آرد نول (۱۰/۷۴ درصد رطوبت، ۱۱/۱ درصد پروتئین و ۷۱/۶۶ درصد کربوهیدرات) از شرکت ستاره، روغن از شرکت لادن، امولسیفایر (لسیتین) از شرکت Shankar، ایزومالت از شرکت آزاد سلامت جاوید، مالتودکسترین از شرکت فرایند بیوتکنولوژی، شکر، نمک طعام، وانیل،

Table 1 Formulations of different cake samples

Raw materials (gr)	S ₀	S ₂₅	S ₅₀	S ₇₅	S ₁₀₀
Isomalt	0	4.2	8.4	12.6	16.8
Maltodextrin	0	1.8	3.6	5.4	7.2
Sucrose	24	18	12	6	0
Flour	35	35	35	35	35
Egg	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9
Lecithin	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Oil	10	10	10	10	10
Salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vanillin	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Baking Powder	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Water	17	17	17	17	17

۳-۲- روش آزمایش

۳-۲-۱- آزمون‌های خمیر

جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر کیک از دستگاه ویسکومتر Thermo (مدل HAAKE Viscotester 2 plus) استفاده شد و ویسکوزیته خمیر در مدت زمان ۱۵ ثانیه در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) بر حسب دسی‌پواز توسط دستگاه گزارش شد. اسپیندل مورد استفاده در این آزمون، اسپیندل شماره ۱ در سرعت ۶۲/۵ دور بر دقیقه بود.

۳-۲-۲- آزمون‌های کیک

۳-۲-۱- خواص فیزیکوشیمیایی

محتوای رطوبت نمونه‌های کیک با استفاده از روش AACC 44-11 (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد [۲۰]. جهت اندازه‌گیری pH نمونه‌ها از pH متر کالیبره شده (مدل Mettler Toledo) ساخت کشور آلمان، استفاده گردید [۲۱]. اندازه‌گیری فعالیت آبی با استفاده از دستگاه awسنج (مدل Novasina) ساخت سوئیس) صورت گرفت [۲۱]. ارتفاع کیک‌ها با استفاده از کولیس از مرکز کیک‌ها معین گردید و جهت اندازه‌گیری کالری کاهش یافته، اندازه‌گیری مقدار انرژی حاصل از هر ماده جایگزین، بر اساس میزان وزن به کار گرفته شده از آن ترکیب تعیین گردید [۲۲].

۳-۲-۲- خواص رنگی

جهت اندازه‌گیری رنگ، تصاویر دیجیتالی نمونه‌ها در داخل محفظه‌ی معین باشد تنور و فاصله لنز ثابت تا نمونه گرفته شد و تعیین فاکتورهای L^* ، a^* و b^* نمونه‌ها توسط نرم‌افزار فتوشاپ انجام گرفت و تغییرات رنگ نسبت به نمونه شاهد به صورت زیر تعیین‌گشت [۲۳].

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_i^*)^2 + (a_0^* - a_i^*)^2 + (b_0^* - b_i^*)^2}$$

L_0^* : میزان روشنایی در نمونه شاهد، L_i^* : میزان روشنایی در نمونه‌های کیک تهیه شده، a_0^* : میزان سبز تا قرمزی در نمونه شاهد، a_i^* : میزان سبز تا قرمزی در نمونه‌های کیک تهیه شده، b_0^* : میزان آبی تا زرد در نمونه شاهد، b_i^* : میزان آبی تا زرد در نمونه‌های کیک تهیه شده

۳-۲-۳- خواص بافتی

ارزیابی بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت‌سنج ستام (مدل STM-1، ساخت ایران) انجام شد. برای انجام آزمون‌در ابتدا نمونه‌ها با استفاده از یک قالب، به صورت جسمی با ابعاد مشخص برش خورد (20mm*20mm) و سپس نمونه زیر پروب دستگاه قرار گرفت. میزان سفتی نمونه‌ها بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع گزارش شد [۲۴].

۳-۲-۴- ارزیابی حسی

در این تحقیق از ۵۰ نفر از کارمندان گروه صنعتی نجاتی (آنانا) برای انجام ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) استفاده شد [۲۵].

۳-۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در سطوح ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به منظور تولید کیک کم کالری صورت گرفت و تمامی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی با استفاده از طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و در سه تکرار توسط نرم‌افزار Mstatc مدل ۱/۴۲ در سطح احتمال ۹۹ درصد مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر تیمارهای مختلف بر ویسکوزیته

خمیر

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک بر ویسکوزیته خمیر بود ($P < 0.05$). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون، میزان ویسکوزیته افزایش یافت؛ به طوریکه نمونه شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد شکر) دارای کمترین میزان ویسکوزیته ($dp \pm 5/5$) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مخلوط ایزومالت-مالتودکستین دارای بیشترین میزان ویسکوزیته ($dp \pm 83/76$) بود که این امر می‌تواند به دلیل ممانعت مالتودکستین به عنوان یک

مخلوط ایزومالت-مالتودکسترین در فرمولاسیون کیک، میزان رطوبت و فعالیت آبی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به عبارتی نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مخلوط ایزومالت-مالتودکسترین دارای بیشترین محتوای رطوبت ($32.01 \pm 1.19\%$) و فعالیت آبی (0.616 ± 0.005) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شکر دارای حداقل محتوای رطوبت ($45.08 \pm 0.88\%$) و فعالیت آبی (0.546 ± 0.005) بود. رطوبت مقدار آب آزاد و پیوسته در بافت ماده غذایی و فعالیت آبی

معیار قابل استفاده بودن آب برای شرکت در واکنش‌های میکروبی، شیمیایی و آنزیمی را شامل می‌شود و هر دو شاخص در مواد غذایی، نقش مهمی در تدری و مدت زمان نگهداری محصولات دارند. مالتودکسترین به دلیل رقابت بالا با سایر ترکیبات برای جذب آب و با داشتن ساختار زنجیره آمیلوپکتین و آمیلوز و سر آبدوست آنها می‌تواند مقدار زیادی رطوبت را جذب و در طول پخت نگهداری نماید. از طرفی نتایج تحقیق دهخدا و همکاران (۱۳۹۴) که به بررسی اثر ایزومالت و مالتیتول بر خصوصیات کیفی و حسی کیک اسفنجی پرداختند، حاکی از آن است که نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت رطوبت بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد شکر) داشتند [۲۹]. همچنین نتیجه بررسی اکسون (۲۰۰۹)، که از مخلوط اریتریتول-سوکرالوز به عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیک استفاده نمودند، نشانگر آن است که جایگزین نمودن کامل ساکارز با مخلوط اریتریتول-سوکرالوز باعث افزایش فعالیت آبی گردید و با کاهش غلظت قندهای الکلی میزان فعالیت آبی کاهش یافت که دلیل این امر توانایی کمتر مخلوط اریتریتول-سوکرالوز در ایجاد پیوند با آب (مقدار آب آزاد بیشتر از آب پیوسته) گزارش شده است [۳۰]. ز این رو جایگزینی مخلوط ایزومالت-مالتودکسترین در کیک منجر به افزایش رطوبت و متعاقباً فعالیت آبی (آب آزاد) گردیده است؛ با این حال مقادیر فاکتورهای مذکور مطابق استاندارد ملی ایران (رطوبت ۱۵-۲۰ درصد و فعالیت آبی بیشینه ۰/۷۵) می‌باشد [۳۱].

هیدروکلوئید از پیوستن حباب‌های هوا در سطح خمیر و ایجاد استحکام در ساختار آن و در نتیجه افزایش ویسکوزیته باشد [۲۶]؛ همچنین مالتودکسترین به عنوان یک فیبر محلول در آب ظرفیت نگهداری آب بسیار بالایی دارد، بطوریکه با انحلال مالتودکسترین در آب، میکروکریستال‌هایی تشکیل می‌شود که با قرار گرفتن آب در داخل شبکه‌های آن کاهش رطوبت از ساختار خمیر ایجاد خواهد شد و لذا با کاهش میزان رطوبت باقیمانده در ساختار خمیر، ویسکوزیته افزایش یافته است [۲۷]. نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی نجفی و صالحی‌فر (۱۳۹۵) که به بررسی تولید مافین کم‌کالری با استفاده از شیرین‌کننده طبیعی استویا و مالتودکسترین پرداختند [۲۶] و قاسمی و همکاران (۱۳۹۲) که به بررسی امکان جایگزینی ساکارز با سوکرالوز و مالتودکسترین در تهیه کیک اسفنجی کم‌کالری پرداختند، مطابقت دارد [۲۸].

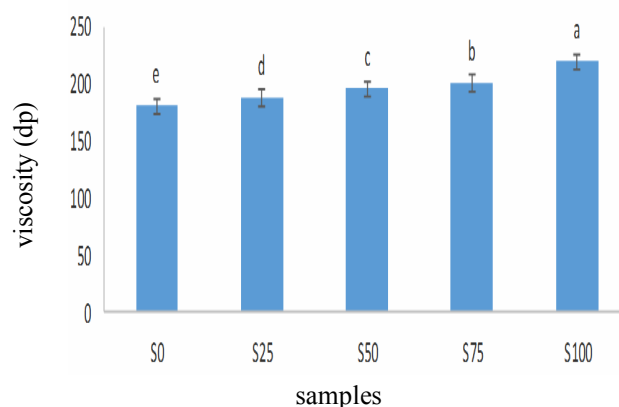


Fig 1 Effect of incorporation of mixture of isomalt and maltodextrin on viscosity of cake batter

۲-۳- اثر تیمارهای مختلف بر خواص

فیزیکوشیمیایی کیک

۱-۲-۳- محتوای رطوبت و فعالیت آبی

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکسترین در فرمولاسیون کیک بر محتوای رطوبت و فعالیت آبی محصول نهایی بود ($P < 0.05$). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت

Table 2 Physicochemical properties of cake samples

Treat	Moisture Content (%)	aw	pH	Height (mm)
S ₀	15.45±0.088 ^c	0.546±0.005 ^c	6.57±0.056 ^a	31.38±0.076 ^a
S ₂₅	16.21±0.036 ^d	0.559±0.003 ^d	6.58±0.065 ^a	30.87±0.055 ^b
S ₅₀	17.62±0.052 ^c	0.572±0.002 ^c	6.62±0.049 ^a	30.24±0.036 ^c
S ₇₅	18.53±0.087 ^b	0.591±0.003 ^b	6.58±0.040 ^a	29.69±0.078 ^d
S ₁₀₀	19.32±0.015 ^a	0.616±0.005 ^a	6.59±0.075 ^a	28.40±0.268 ^e

Reported values correspond to mean ± standard deviation. Different letters in the Same column indicate significant differences (P<0.05)

۳-۲-۲- pH

نتایج اثر سطوح مختلف جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک بر تغییرات pH محصول نهایی در جدول ۲ نشان داده شده است که حاکی از عدم معنی داری جایگزینی شکر با مخلوط شیرین کننده ها بر pH نمونه های تولیدی می باشد. ایزومالت منحصراً از ساکارز مشتق شده است و ماده اولیه تولید آن نیز چغندر قند و یا نیشکر است، همچنین مالتودکستین نیز از نشاسته مشتق می گردد لذا pH محصولاتی که در آنها از ایزومالت و مالتودکستین استفاده می شود تا حدود بسیار زیادی مشابه با pH محصولاتی است که در آنها ساکارز استفاده شده است. شایان ذکر است، pH کلیه تیمارها منطبق بر استاندارد کیک بوده و مابین ۶ الی ۷ می باشد [۳۱]. همچنین نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی القدسی و الدباس (۲۰۱۲) در ارتباط با جایگزینی ساکارز با سوکرالوز در نکتار پرتقال مطابقت دارد [۳۲].

۳-۲-۳- ارتفاع کیک

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار بودن اثر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک بر ارتفاع محصول نهایی بود. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود با افزایش غلظت مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک، میزان ارتفاع نمونه ها به طور معنی داری کاهش یافت (P<۰/۰۵)؛ به عبارتی نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شکر دارای بیشترین ارتفاع (31.38±0.076 mm) و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مخلوط ایزومالت-مالتودکستین دارای کمترین ارتفاع (28.40±0.268 mm) بود. در حقیقت با افزایش ویسکوزیته خمیر حباب های هوای ایجاد شده توانایی

و قدرت خروج نداشته و در خمیر محبوس شده اند و به همین علت ارتفاع و متعاقباً حجم نمونه ها با افزایش جایگزینی شکر کاهش یافته است [۲۶]. از طرفی تغییر در مکانیسم ترموست خمیر به دلیل واکنش های متعددی که در صورت استفاده از عوامل حجم دهنده ایجاد می شود؛ از دلایل ارتفاع کم و دانسیته بالای کیک ها می باشد [۳]. شایان ذکر است نتایج بدست آمده با نتیجه حاصل از بررسی روندا و همکاران (۲۰۰۵) که به بررسی تاثیر پلی آل ها و الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم بر روی کیفیت کیک اسفنجی بدون قند پرداختند، مطابقت دارد [۳].

۳-۲-۴- اثر تیمارهای مختلف بر کالری

در بررسی مقدار انرژی (نمودار ۲) نمونه های مختلف کیک، می توان به این نتیجه دست یافت که تاثیر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین معنی دار می باشد (P<۰/۰۵). مطابق نتایج به دست آمده با افزایش جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین مقدار انرژی نمونه های کیک کاهش یافت که این عمل مبتنی بر میزان کالری حاصل از هر کدام از اجزای جایگزین (ایزومالت و مالتودکستین) بود. به عبارتی به ازای هر گرم ایزومالت ۲ کیلوکالری، به ازای هر گرم مالتودکستین ۴ کیلوکالری و به ازای هر گرم ساکارز ۴ کیلوکالری انرژی آزاد می شود که مقدار کالری حاصل از هر یک گرم مخلوط ایزومالت-مالتودکستین با نسبت ۷۰ به ۳۰ برابر ۲/۶ کیلوکالری می باشد که کمتر از شکر است لذا با افزایش درصد جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین، کالری کل کیک نیز کاهش یافته است.

در مقابل پارامتر a^* نمونه‌ها کاهش یافت. در حقیقت قهوه‌ای شدن رنگ پوسته کیک به دلیل واکنش مایلارد (برهمکنش میان قندهای احیاکننده و گروه آمینی پروتئین‌ها) و کاراملیزاسیون ساکارز (برهمکنش میان قندها) است که ناشی از قرار گرفتن در معرض درجه حرارت‌های بالای پخت می‌باشد. از آنجاییکه ایزومالت و مالتودکستین فاقد گروه‌های کربونیل آزاد هستند لذا در واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی شرکت نمی‌کنند و بنابراین رنگ پوسته روشتری دارند. در این رابطه نتایج بررسی چینگ و همکاران (۲۰۰۸) که از قندهای الکلی به عنوان جایگزین ساکارز استفاده نمودند [۳۳] و لین و همکاران (۲۰۰۳) که از اریتریتول به عنوان جایگزین ساکارز در کیک استفاده نمودند با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد [۳۴].

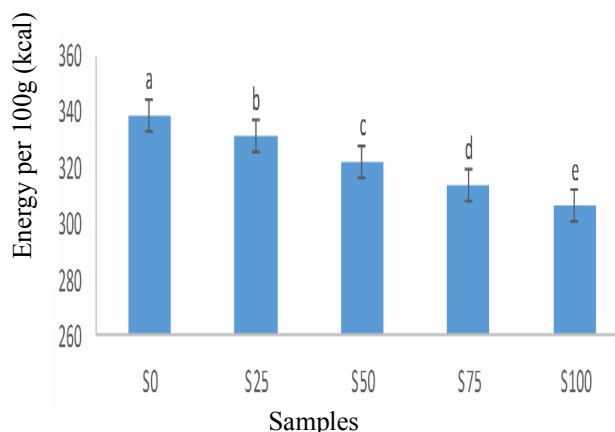


Fig2 Effect of incorporation of mixture of isomalt and maltodextrin on calories of cake samples

۳-۳- اثر تیمارهای مختلف بر رنگ

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک بر شاخص‌های رنگی نمونه‌ها می‌باشد (جدول ۳). نتایج بدست آمده نشانگر آن است که با افزایش غلظت مخلوط ایزومالت-مالتودکستین، پارامتر L^* و b^* نمونه‌ها افزایش و

Table 3 Color characteristics of cake samples

Treat	L^*	a^*	b^*	ΔE
S ₀	51.57±0.06 ^e	25.58±0.03 ^a	33.70±0.09 ^e	0.00±0.00 ^e
S ₂₅	55.80±0.02 ^d	25.25±0.01 ^b	39.48±0.04 ^d	7.16±0.02 ^d
S ₅₀	61.34±0.05 ^c	24.75±0.05 ^c	44.60±0.05 ^c	14.65±0.03 ^c
S ₇₅	69.52±0.05 ^b	23.32±0.04 ^d	46.15±0.04 ^b	21.96±0.02 ^b
S ₁₀₀	71.90±0.02 ^a	18.47±0.02 ^e	48.82±0.03 ^a	26.31±0.03 ^a

Reported values correspond to mean \pm standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

است که با نتایج حاصل از پژوهش جانسون و استریپ (۱۹۷۵) که به بررسی خواص فیزیکی شیمیایی الیگوساکاریدها در غلات پرداختند، مطابقت دارد [۱۰]. مالتودکستین نیز به علت جاذب‌الرطوبه بودن با مولکول‌های آب به خوبی پیوند برقرار می‌کند و رطوبت بیشتری را در خود نگه می‌دارد و در نتیجه بافت نرمتری ایجاد می‌کند. به عبارتی سفتی بافت کیک تا حدود زیادی به قابلیت باند کردن آب در قندهای الکلی و از دست دادن آن در طول نگهداری و همین‌طور به برهمکنش این قندها با نشاسته که می‌تواند بر رتروگرا داسیون نشاسته موثر باشد، وابسته است [۳ و ۳۵]؛ همچنین عدم توسعه مناسب شبکه گلوتهی که به دلیل جذب آب توسط شکر اتفاق می‌افتد و تبلور ساکارز در طی فرایند سرد کردن پس از پخت می‌تواند دلیل سختی بافت در کیک‌های حاوی ۱۰۰ درصد ساکارز باشد [۳].

۳-۴- اثر تیمارهای مختلف بر سختی بافت

نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک بر سختی بافت محصول نهایی بود ($P < 0.05$). سختی حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار است که حداکثر نیروی اعمال شده طی گاز زدن را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مخلوط ایزومالت-مالتودکستین در فرمولاسیون کیک، بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری نرم‌تر شده است؛ به عبارتی نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد شکر دارای بیشترین میزان نیرو و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مخلوط ایزومالت-مالتودکستین دارای حداقل میزان نیرو بودند. علت این امر اینگونه بیان می‌گردد که قند الکلی ایزومالت دارای حلالیت و قابلیت حفظ رطوبت بیشتری در دمای بالا می‌باشد و تمایل بیشتری به پیوند با آب دارد که همین امر منجر به ایجاد بافت نرم‌تری در نمونه‌های کیک شده

مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز بر pH نمونه‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت و با افزایش نسبت جایگزینی شکر با ایزومالت و مالتودکستریز میزان ویسکوزیته خمیر، فعالیت آبی، رطوبت و تغییرات رنگی نمونه‌های کیک روغنی کم کالری افزایش یافته و از ارتفاع و کالری نمونه‌ها کاسته شد. همچنین افزایش جایگزینی شکر با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز منجر به نرم‌تر شدن بافت نمونه‌ها شد و میزان جایگزینی تا سطح ۵۰ درصد اثر نامطلوبی در میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولید شده نداشت. به‌طورکلی با استفاده از مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز و جایگزینی آن حداکثر تا سطح ۵۰ درصد میزان شکر مصرفی در تولید کیک روغنی می‌توان به محصولی با ویژگی‌ها مطلوب دست یافت.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مدیریت محترم گروه صنعتی نجاتی (آنانا-تبریز) که در کمال سعه صدر کلیه امکانات لازم را جهت تولید صنعتی و بررسی نمونه‌ها در اختیار این گروه پژوهشی قرار دادند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارند.

۶- منابع

- [1] Fakhrzadeh, h., Bageri, A.H., Hamidi, A., pourebrahimi, R., Heshmat, R., Nouri, M., Rezayi khah, Y. and Larijani, B. 2004. Obesity and its associated cardiovascular risk factors in children. Iranian Journal of Diabets and Metabolism, 3(2): 175-183.
- [2] Chapello, W.J. 1998. The use of sucralose in baked goods and mixes. American Association of Cereal Chemists, 716-717.
- [3] Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C.A. and Caballero, P.A. 2005. Effects of polyols and Nondigestible Oligosaccharides on The Quality of Sugar-Free Sponge Cakes. Food Chemistry, 90: 549-555.
- [4] Murphy, S. and Johnson, R. 2003. The Scientific basis of recent US guidance on sugars intake. Journal of clinical Nutrition, 78: 827-833.
- [5] Baeva, M., Terzieva, V. and Panchev, N. 2003. Structural Development of Sucrose-Sweetened and Sucrose-Free Sponge Cakes during Baking. Nahrung/Food, 3: 154-160.
- [6] Livesey, G. 2003. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on

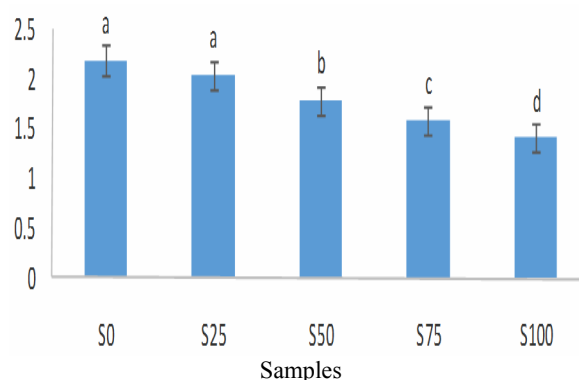


Fig 3 Effect of incorporation of mixture of isomalt and maltodextrin on Firmness of cake samples

۳-۵- اثر تیمارهای مختلف بر خواص حسی

اثر متغیرهای فرایند بر پذیرش کلی نمونه‌های کیک در شکل ۴ نشان داده شده است. بررسی این نمودار نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری به لحاظ امتیاز پذیرش کلی در بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های S25 و S50 وجود ندارد. به عبارتی جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت-مالتودکستریز تا سطح ۵۰ درصد تأثیر منفی بر خواص حسی نمونه‌ها ندارد، با این حال افزایش سطوح جایگزینی در مقادیر بالاتر از ۵۰ درصد منجر به ایجاد حالت خمیری، بافت نامطلوب و طعم ناخوشایند در نمونه‌های کیک می‌شود و این امر موجب کاهش امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌ها می‌گردد.

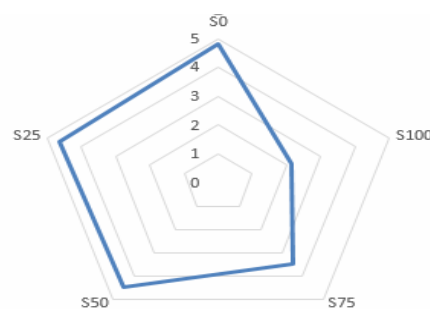


Fig 4 Effect of incorporation of mixture of isomalt and maltodextrin on sensory properties of cake samples

۴- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش امکان جایگزینی ساکارز با مخلوط ایزومالت و مالتودکستریز در نسبت‌های مختلف و اثر آن بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی کیک روغنی کم کالری

- of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough and quality of soft dough biscuits. *Journal of texture studies*, 39: 605-616.
- [19] Benion, E.B. and Baemford, G.S.T. 2008. *The Technology of Cake making*. 2 rd.Press.
- [20] Lee, C.C., Wang, H.F. and Lin, S.D. 2008. Effect of isomalttooligosaccharide Syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*, 85(4):515-521.
- [21] Kaur, N. and Gupta, A.K. 2002. Application of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Biosciences*, 27(2): 703-14.
- [22] Khouryeh, H.A., Aramouni, F. M., and Herald, T.J. 2005. Physical, Chemical and Sensory Properties of Sugar-Free Jelly. *Journal of Food Quality*, 28(2): 179-190.
- [23] Rodríguez-García, J., Salvador, A. and Hernando, I. 2014. Replacing Fat and Sugar with Inulin in Cakes: Bubble Size Distribution, Physical and Sensory Properties. *Food Bioprocess Technol*, 7: 964-974.
- [24] Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H-s., Lim, E-JJ., Imm, J-Y. and Suh, H.J. 2012. Physical and sensory characteristics of fiber-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *LWT-Food Science and Technology*, 47:478-484.
- [25] FRYE, A. and Setser, S. 1991. Optimizing Texture of Reduced-Calorie Yellow Layer Cakes. *Cereal Chem*, 69(3): 338-343.
- [26] Najafi, S. and Salehifar, M. 2016. Optimization of production low-calorie muffin with natural sweetener stevia and maltodextrin. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 26(2): 715-724.
- [27] Hager, AS., Ryan, L., Schwab, C. and Ganzle, MG. 2011. Influence of the soluble fibres Inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*, 32: 405-413.
- [28] Ghasemi, H., kramat, H. and hojataleslami, M. 2013. Evaluation of Sucrose Replacement with Sucralose and Maltodextrin in Low Calorie Sponge Cake. 21st National Congress of Food Science and Technology of Iran.
- [29] Dehkhoda, M., Kodaiyan, F. and Movahed, S. Effect of isomalt and maltitol on quality and sensory properties of sponge cake. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 46(2):147-155.
- [30] Akesowan, A. 2009. Quality of Reduced-Fat Chiffon Cakes Prepared With Erythritol-low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 16: 163-191.
- [7] Gostner, A., Schäffer, V., Theis, S., Menzel, T., Lührs, H., Melcher, R., Schaubert, J., Kudlich, T., Dusel, G., Dorbath, D., Kozianowski, G. and Scheppach, W. 2005. Effects of isomalt consumption on gastrointestinal and metabolic parameters in healthy volunteers. *British Journal of Nutrition*, 94: 575-581.
- [8] Zumbe, A., Lee, A. and 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.
- [9] O'Brien, N.L. 2001. *Alternative sweeteners*. Dekker, New York.
- [10] Nourmohammadi, E., Peighambari, S.h., Ghaffari, A., Azadmard-Damirchi, S. and Hesari, J. 2011. Effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the characteristics of sponge cake. *Journal of Food Research*, 21(2): 155-165.
- [11] Francisca, L.S., Kristensen, M., Mikkelsen, C.B. and Sandau, N. 2010. Sweet confectionery products. U.S. patent, 12/447: 586.
- [12] Mitchell, H. 2006. *Sweeteners and Sugar Alternative in Food Technology*. Black Well Publishing, 1st Edition, 177-249.
- [13] Sadeghi, A., Shahidi, F., Mortazavi, A., Mahalati, M. and Beheshti, H. 2008. Optimization of maltodextrin production process using Termamyl α -x alpha-amylase. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 43(12): 373-382.
- [14] Chronakis, I. S. 1998. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 599-637.
- [15] Docik-Baucal, L., Dokic, P. and Jakovljevic, J. 2004. Influence of different maltodextrins on properties of O/W emulsions. *Food Hydrocolloid*, 18: 233-239.
- [16] Fraiss, J. M., Olivira, J. C. and Schittowski, J. 2001. Modeling and parameter identification of a maltodextrin DE 12 drying process in a convection oven. *Applied mathematical modeling*, 449-462.
- [17] Harison, J. and Branlett, A. 2012. Functionality of sucralose/maltodextrin: isomalt blends in reduced-in-sugar chocolate chip cookies: quality characteristics and consumer acceptability. *Food nutrition science*, 3: 58.
- [18] Savitha, Y.S. and Indrani, M. 2008. Effect

- Isomaltooligosaccharide Syrup on Quality Characteristics of Sponge Cake. *Cereal Chemical*, 85: 515–521.
- [34] Lin, S.D., Hwang, C.F. and Yeh, C.H. 2003. Physical and Sensory Characteristics of Chiffon Cake Prepared With Erythritol as Replacement For Sucrose. *Journal of Food Science*, 68: 2107-2110.
- [35] Johnson, J. A. and Srisuthep, R. 1975. Physical and chemical properties of oligosacarides in cereal. *Journal of cereal chemistry*, 52: 70-78.
- Sucralose as Replacement For Sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8: 1383-1386.
- [31] Unknown, Cake-Specification and test methods. 2007. INSO 2553. 3th Revision.
- [32] Al-Dabbas, M. and Al-Qudsi, J. M. 2012. Effect of partial replacement of sucrose with the artificial sweetener sucralose on the physico-chemical, sensory, microbial characteristics, and final cost saving of orange nectar. *International Food Research Journal*, 19(2): 679-683.
- [33] Ching, L., Hsueh-Fang, W. and Sheng-Dun, L. 2008. Effect of

Investigating replacement of sucrose with a mixture of isomalt and maltodextrin on physicochemical, rheological and organoleptic properties of low-calorie oily cake

Mousavi Kalajahi, S. E. ^{1*}, Babaie Sadr, A. ²

1. Ph.D Student, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz, Iran.

2. Master of Applied Chemistry, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz, Iran.

(Received: 2020/03/07 Accepted: 2020/07/20)

Changes in lifestyle and lack of physical activity have led to problems such as obesity, overweight, and hypertension. In this regard, the feasibility of replacing sucrose with isomalt and maltodextrin mixture at different levels (0, 25, 50, 75 and 100%) and its effect on physicochemical, rheological and sensory properties of low-calorie oily cake were investigated. Based on the results, by increasing the ratio of sucrose substitution with mixture of isomalt and maltodextrin, the dough viscosity, water activity, moisture content and color changes of the oily cake samples were increased and the height and calorie of the samples were decreased; also, increasing the mixture ratio of isomalt and maltodextrin resulted in a softer texture of the samples and had no significant effect on the pH of the samples however increasing the replacement level by more than 50% had an adverse effect on the overall acceptance of the samples. Therefore, considering the results obtained, it can be stated that by using mixture of isomalt and maltodextrin (70 to 30 ratio) up to 50% sucrose content, a product with desirable properties can be obtained.

Keywords: Cake, Isomalt, Low-calorie, Maltodextrin

* Corresponding Author E-Mail Address: Research@nejati.com