

## بررسی اثر جایگزینی ساکارز با شربت ذرت حاوی فروکتوز بالا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی گز

مریم قادری قهفرخی<sup>۱\*</sup>، مهدی جعفری اصل<sup>۲</sup>، سمیه افشاری<sup>۳</sup>، آرش ارشادی<sup>۴</sup>، محمد احمدی<sup>۵</sup>

۱ دکتری تکنولوژی مواد غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام

۲ دکتری شیمی تجزیه، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام

۳ کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام

۴ دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام

۵ لیسانس صنایع غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۵)

### چکیده

در این بررسی، ساکارز موجود در فرمولاسیون گز در سطوح مختلف از ۲۰ تا ۴۰٪ با شربت ذرت حاوی فروکتوز بالا جایگزین گردید و پنج فرمولاسیون تهیه شد که عبارت‌اند از: A (کنترل: ۱۰۰٪ شکر + گلوکز اسیدی)، B (۱۰۰٪ شکر + گلوکز آنزیمی)، C (۸۰٪ شکر + ۲۰٪ HFCS-55 + گلوکز آنزیمی)، D (۷۰٪ شکر + ۳۰٪ HFCS-55 + گلوکز آنزیمی) و E (۶۰٪ شکر + ۴۰٪ HFCS-55 + گلوکز آنزیمی). گزهای تهیه شده از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافت (آزمون برشی و نفوذ)، رشد میکروبی و خواص حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مقایسه با نمونه‌ی کنترل، کمترین فعالیت آبی و انرژی در نمونه‌های حاوی ۴۰-۳۰٪ HFCS-55 مشاهده شد. با افزایش میزان HFCS محتوای رطوبتی کاهش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های B، C و D مشاهده نشد. رشد میکروبی با نوع فرمولاسیون تحت کنترل قرار گرفت و جایگزینی شکر با HFCS رشد کپک و مخمر را در فرمولاسیون‌های C، D و E محدود نمود. در مقایسه با نمونه‌ی کنترل، ویژگی‌های رنگ ظاهری از قبیل روشنایی و زردی به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر افزودن HFCS قرار گرفت ( $P < 0.05$ ). مقادیر نیروی برشی و نفوذ نمونه‌های گز به ترتیب در محدوده‌ی ۶۹۲-۳/۶۵ و ۰/۲۴-۰/۵۳ نیوتون بود. این دو پارامتر بافتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر فرمولاسیون قرار گرفتند. نتایج آزمون حسی انجام شده با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای نشان داد، ارزیابان نمونه‌های گز تهیه شده تا سطح جایگزینی ۳۰٪ را به دلیل ویژگی‌های رنگی، بافتی و طعم به نمونه‌ی کنترل ترجیح می‌دهند.

کلید واژگان: بافت، شربت ذرت حاوی فروکتوز بالا، شربت گلوکز، گز، ویژگی‌های حسی

\*مسئول مکاتبات: Maryamghaderi.gh63@gmail.com

## ۱- مقدمه

نوقا<sup>۱</sup> به مجموعه‌ای از محصولات قنادی اطلاق می‌شود که از شکر یا عسل، آجیل‌های برشته (بادام، پسته، گردو و گاهاً فندق) و تکه‌های میوه شیرین شده تهیه و از نظر بافتی و قوام بسته به نوع ترکیبات متشکله به انواع قابل جویدن تا سخت طبقه بندی می‌شوند. در کل می‌توان این خانواده از فرآورده‌های قنادی را به دو گروه سفید و قهوه‌ای طبقه بندی کرد. نوع سفید از سفیده تخم مرغ هم زده شده تهیه شده و نرم است در حالیکه در نوقای قهوه‌ای از شکر کاراملیزه استفاده می‌شود و دارای بافتی ترد و شکننده است [۱].

گر یکی از انواع نوقا و فرآورده‌های قنادی سنتی ایران است که قرن‌هاست در شهر اصفهان تولید می‌شود. این محصول بسیار شناخته شده، دارای طعم شیرین دلپذیر و به عنوان یک سوغاتی معروف در تمامی مناطق ایران و حتی جهان، از محبوبیت بالایی برخوردار است [۲]. به طور سنتی گز محصولی است که از گز انگبین، شکر، شربت گلوکز، سفیده تخم مرغ، گلاب و مغز پسته یا بادام تهیه می‌شود. بنابراین این محصول نوعی معجون شیرینی بی نظیر است که بر خلاف بسیاری از فرآورده‌های قنادی و پخت، برای تهیه آن نیازی به آرد، نشاسته، روغن یا نگهدارنده‌ها وجود ندارد [۱، ۲].

از نظر ظاهری، گز ایرانی مشابه نوقای فرانسوی، تورو اسپانیا<sup>۲</sup> و تورو ایتالیا<sup>۳</sup> می‌باشد اما مواد تشکیل دهنده، فرآیند تولید و به‌ویژه ویژگی‌های بافتی آن‌ها با یکدیگر متفاوت است [۲]. بافت و ویژگی‌های ظاهری مواد غذایی به میزان زیادی با ساختار میکروسکوپی آن مرتبط است که این ساختار به شدت تحت تأثیر ترکیب و فرآیند تولید محصول قرار می‌گیرد [۳]. به دلیل استفاده از سفیده تخم مرغ در فرمولاسیون گز، این محصول جزء فرآورده‌های قنادی هوادهی شده طبقه‌بندی می‌شود [۴]. در این قبیل از محصولات یعنی انواع نوقا، عوامل مختلفی می‌تواند ویژگی‌های بافتی آن‌ها را تحت‌الشعاع قرار دهد که از آن جمله می‌توان به فاکتورهای عملیاتی و فرمولاسیون محصول اشاره کرد. دما و زمان فرآیندهای حرارتی می‌تواند اثر به‌سزایی بر ویژگی‌های محصول داشته باشد. ترکیبات تشکیل دهنده‌ی فرمول بایستی به دقت انتخاب شوند و

هرگونه تغییر جزئی در محتوای رطوبتی و ترکیب شیرین‌کننده‌ها، ویژگی‌های ساختاری محصول را تغییر می‌دهد [۵]. بنابراین هرگونه تغییر در فرمولاسیون گز بایستی از نظر تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، حسی و قابلیت پذیرش محصول مورد بررسی قرار گیرد.

کربوهیدرات‌ها به شکل شکر و شربت گلوکز روی هم‌رفته حدود ۸۰٪ از اجزای تشکیل دهنده‌ی فرمولاسیون گز را تشکیل می‌دهند [۶]. در حال حاضر، ساکارز پرمصرف‌ترین شیرین‌کننده مورد استفاده در صنعت غذا محسوب می‌شود که نه تنها شیرینی فرآورده‌های مختلف بلکه ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد [۶]. علی‌رغم تمامی فوایدی که ساکارز به عنوان یک شیرین‌کننده‌ی طبیعی با ویژگی‌های عملکردی بالا دارد، به دلیل ارتباط با برخی مشکلات سلامتی جایگزین کردن آن با شکر در بسیاری فرآورده‌های غذایی مورد توجه قرار گرفته است. از بعد اقتصادی نیز، جایگزین کردن شکر با شیرین‌کننده‌های دیگر نظیر شربت ذرت مطلوب و مقرون به صرفه به نظر می‌رسد. اما جایگزینی بایستی به نحوی صورت بگیرد که ویژگی‌های محصول نهائی حفظ یا بهبود یابد [۷].

بر اساس تعریف کمیسیون اقتصادی اروپا<sup>۴</sup> (EEC)، شربت گلوکز (گلوکز مایع)، محلول آبی تصفیه‌شده و تغلیظ شده D-گلوکز، مالتوز و سایر پلیمرهای گلوکز است که از هیدرولیز قسمتی و کنترل‌شده‌ی نشاسته به دست می‌آید. از دیدگاه کمیته‌ی غذایی کدکس<sup>۵</sup> نیز شربت گلوکز، محصول خالص‌شده ساکاریدهای مغذی حاصل از نشاسته است [۸]. شربت ذرت با فروکتوز بالا<sup>۶</sup> (HFCS) برای اولین بار در سال ۱۹۶۷، از هیدرولیز نشاسته ذرت به گلوکز توسط گلوکوامیلاز و آلفا-آمیلاز و به دنبال آن ایزومریزاسیون گلوکز حاصله به فروکتوز تهیه شد که شربت نهائی مخلوطی از گلوکز (۵۳٪)، فروکتوز (۴۲٪) و ساکاریدهای بزرگتر (۵٪) بود (HFCS-42) [۹]. پس از آن در ۱۹۷۰، HFCS-90 (حاوی ۹۰٪ فروکتوز) تهیه شد که پس از مخلوط کردن آن با HFCS-42، محصولی با ۵۵٪ فروکتوز (HFCS-55) تهیه می‌شود [۱۰]. فواید استفاده از HFCS در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف عبارت است از

4. European Economic Commission  
5. Codex Alimentarius Commission  
6. High Fructose Corn Syrup

1. Nougat  
2. Spanish turrón  
3. Italian torrone

قیمت پایین‌تر HFCS و اثرات مثبت شربت فروکتوز نسبت به شکر در فرآورده‌های پخت و قنادی، هدف این بررسی جایگزینی شکر موجود در فرمولاسیون گز با HFCS-55 و مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، بافتی و حسی آن با گز معمولی می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد مورد استفاده

شربت گلوکز (DE = ۴۲) و HFCS-55 (حاوی ۵۸-۵۵٪ فروکتوز) تهیه‌شده به روش آنزیمی، از پالایشگاه غلات زر (هشتگرد، کرج) تهیه گردید. سایر مواد و محیط‌های کشت مورد استفاده در تعیین ترکیبات فیزیکوشیمیایی و میکروبی از کمپانی‌های مرک و سیگما تهیه شدند.

### ۲-۲- تهیه فرمولاسیون‌های مختلف گز

تهیه فرمولاسیون‌های مختلف در کارگاه گزسازی در شهر بلداجی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. به طور خلاصه، شکر، HFCS-55 و نیمی از شربت گلوکز مورد استفاده در یک ظرف مسی با یکدیگر مخلوط شدند و هم زدن در دمای متوسط به مدت حدود ۲ ساعت ادامه یافت تا خمیر ویسکوز و سفید رنگی تشکیل شود. پس از آن بقیه گلوکز افزوده شد و هم زدن مجدداً ادامه یافت. سفیده تخم مرغ تازه ابتدا در یک همزن دیگر به شدت هم زده شده و به صورت کف به مخلوط قبلی افزوده شد. خمیر تشکیل شده مجدداً در دور متوسط به مدت حدود ۲ ساعت هم زده شد تا قوام مدنظر حاصل گردد. طی مراحل نهائی هم زدن اسانس گلاب به مخلوط حاصله افزوده شد تا از تبخیر و تخریب حرارتی آن حین هم زدن جلوگیری شود. لازم به ذکر است در نمونه‌های مورد استفاده برای انجام آزمون‌های بافتی و فیزیکوشیمیایی در فرمولاسیون از پسته استفاده نشد. اما جهت انجام تست‌های حسی همین فرمولاسیون‌ها با حداقل در صد پسته ۱۸٪ تهیه شدند. پس از افزودن پسته هم زدن به مدت ۱۵ دقیقه دیگر ادامه یافت. خمیر حاصل به سطح میز منتقل و در سینی‌ها تقسیم شد و در نهایت به صورت قطعات مستطیلی (ابعاد تقریبی ۲۰ × ۳۰ × ۵۰) برش داده بسته‌بندی گردید. به جز نمونه‌ی کنترل (A)، در

شباهت ترکیبی آن به شکر معمولی، افزایش شدت طعم‌های دیگر به دلیل تشخیص سریع توسط جوانه‌های چشایی، حفظ تازگی و افزایش دوره‌ی نگهداری محصول به دلیل کنترل رطوبت و کاهش رشد میکروبی، حفظ بافت نرم محصولات پخت به دلیل حفظ رطوبت و مقاومت به کریتالسیزاسیون، توسعه‌ی طعم و رنگ قهوه‌ای در فرآورده‌های پخت، حفظ بهتر رنگ در محصولاتی از قبیل کچاپ یا محصولات بر پایه‌ی توت فرنگی، حفظ ثبات ساختاری در محدوده‌ی وسیعی از دما و اسیدیته، حفظ انعطاف‌پذیری محصولات منجمد به دلیل پائین بودن نقطه‌ی انجماد، افزایش تخمیرپذیری در نان [۱۱] و کاهش آسیب به دندان در مقایسه با شکر [۱۲].

در زمینه جایگزینی شکر با سایر شیرین‌کننده‌های مغذی از قبیل HFCS، شربت گلوکز و غیره، اکثر مطالعات اثر این جایگزینی را در محصولات پخت و فرآورده‌های لبنی مورد بررسی قرار داده‌اند. در مطالعه انجام شده توسط ازدمیر و همکاران [۱۳] شکر موجود در فرمولاسیون بستنی با شیرین‌کننده‌های مختلف از جمله HFCS، عسل و شربت گلوکز جایگزین شد و نتایج نشان داد بیشترین ویسکوزیته مخلوط بستنی در روز تولید مربوط به نمونه‌ی تهیه شده با مخلوط شکر و HFCS و بستنی حاوی شربت گلوکز بود. کمترین میزان ناپایداری چربی نیز در فرمولاسیون‌های بر پایه‌ی HFCS مشاهده شد. هم‌چنین سرعت ذوب شدن بستنی در حضور شیرین‌کننده‌های ذرت به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به شکر کاهش یافت. این نتایج منعکس‌کننده‌ی اثرات مثبت HFCS بر کیفیت فرآورده‌های غذایی می‌باشد. در تحقیق دیگری نیز اثر جایگزینی شکر با HFCS و مالتودکسترین بر کیفیت مافین مورد بررسی قرار گرفت. اگر چه استفاده از HFCS با بهبود رنگ پوسته و کاهش فعالیت آبی همراه بود، اما به دلیل اثراتی که روی سرعت بیاتی و سایر ویژگی‌های کیفی داشت، جایگزینی آن تنها تا سطح ۵۰٪ از شکر توصیه شد [۱۴]. بررسی‌های محدودی در زمینه جایگزینی شکر موجود در فرمولاسیون گز با سایر شیرین‌کننده‌ها به جز شکر انجام شده است. اثرات جایگزینی ساکارز و گلوکز با دو نوع شیرین‌کننده‌ی رژیمی سوربیتول و ایزومالت بر ویژگی‌های بافتی گز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد با افزایش میزان سوربیتول نرمی نمونه‌ها و دانسیته‌ی آن‌ها افزایش یافت که به دلیل خاصیت روان‌کنندگی و نرم‌کنندگی سوربیتول می‌باشد [۴]. با توجه به

جایگزین گردید. درصد ترکیبات مختلف در فرمولاسیون‌های تهیه شده گز در جدول ۱ نشان داده شده است.

فرمولاسیون‌های دیگر (D, C, B) به جای گلوکز اسیدی از گلوکز آنزیمی استفاده شد. جهت تهیه فرمولاسیون‌های B, C, D و E گز به ترتیب ۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ از شکر با ساکارز

**Table 1** Amount of sweeteners (kg/ 100 kg *Gaz*) of of different *Gaz* formulation

Formulation	Sugar replacement	Sugar	Glucose syrup (acidic)	Glucose syrup (enzymatic)	HFCS	Egg white	Rose oil
A	0	30	60	0	0	9.8	0.2
B	0	30	0	60	0	9.8	0.2
C	20	24	0	60	6	9.8	0.2
D	30	21	0	60	9	9.8	0.2
E	40	18	0	60	12	9.8	0.2

اسیدی مورد استفاده در واحد تولیدی گز، شربت گلوکز (DE=۴۲) و HFCS-55 با روش اسپکتروفتومتری اندازه-گیری شد. در این روش جذب شربت گلوکز یا فروکتوز در طول موج ۴۵۰ nm در مقابل بلانک آب قرائت شده و سپس با استفاده از رابطه‌ی ۱ رنگ نمونه‌های شربت تعیین خواهد شد:

$$\text{Color (ICUMSA)} = \frac{1000 \times A}{b \times c}$$

که در این رابطه A جذب شربت در طول موج ۴۵۰ nm، b طول سل اسپکتروفتومتر و c غلظت نمونه (گرم قند/ میلی‌لیتر) می‌باشد که شدت رنگ نمونه‌ها بر اساس واحد ICUMSA<sup>۹</sup> بیان می‌شود [۱۷].

اندازه‌گیری دانسیته با روش مورد استفاده برای فرآورده‌های قنادی هوادهی شده صورت گرفت [۳]. برای این منظور از روش جابه‌جائی حلال استفاده شد. دانسیته نمونه‌ها پس از توزین دقیق، توسط استوانه مدرج ۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۳۰ میلی‌لیتر تولوئن و با اندازه‌گیری حجم جابه‌جا شده از مایع تعیین گردید.

## ۶-۲- آزمون‌های بافتی

آزمون‌های برش<sup>۱۰</sup> (CT) و نفوذ<sup>۱۱</sup> (PT) جهت تعیین ویژگی-های بافتی نمونه‌های گز مورد استفاده قرار گرفتند و برای این منظور از دستگاه تست بافت یونیورسال (Santam, MRT-Iran, 5) استفاده شد. جهت انجام آزمون‌های بافت، برش‌هایی به ابعاد ۱×۱×۱ سانتی‌متر از بخش‌های بدون مغز گز تهیه شد. آزمون PT که شاخصی از سختی نمونه‌های غذایی می‌باشد، با

## ۲-۳- آزمون‌های شیمیائی

تعیین رطوبت مطابق با استاندارد ملی گز به شماره ۳۰۲۳ [۱۵] انجام شد. جهت تعیین فعالیت آبی نمونه‌های گز از دستگاه مدل Sprint-TH5000 (Novasina, UK) در دمای ۲۵°C استفاده شد. تعیین انرژی نمونه‌ها با دستگاه بمب کالریمتر مدل C400 (IKA, Gemany) مطابق روش ارائه شده در کاتالوگ دستگاه انجام شد. pH نمونه‌های گز نیز به روش AOAC [۱۶] انجام شد.

## ۲-۴- آزمون‌های شمارش میکروبی

برای این منظور، ده گرم نمونه در ۹۰ میلی‌لیتر آب پیتونه ۰/۱٪ همگن و رقت‌های بعدی در لوله‌های آزمایش حاوی آب پیتونه تهیه شدند. از رقت‌های تهیه شده برای شمارش عوامل فساد شامل میکروارگانیزم‌های هوازی میانه دوست<sup>۱۲</sup>، کپک و مخمر، استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیا کلی طبق استاندارد ملی ایران [۱۵] استفاده شد. آزمون‌های میکروبی در سه تکرار صورت گرفت.

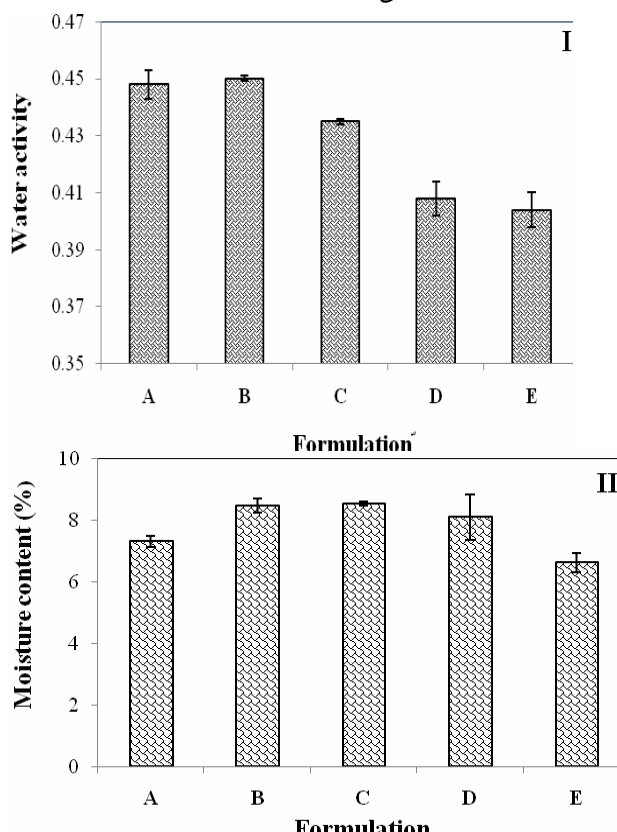
## ۲-۵- آزمون‌های فیزیکی

اندازه‌گیری رنگ بلافاصله پس از بازکردن بسته صورت گرفت. نمونه‌های گز بدون تماس با دست در پلیت‌های شیشه‌ای کاملاً تمیز قرار گرفته و پس از پوشیده‌شدن کامل کف پلیت، رنگ نمونه‌ها با دستگاه رنگ‌سنج هانترلب (ColorFlex EZ, USA) با قرائت فاکتورهای  $L^*$  (روشنایی)،  $a^*$  (قرمزی) و  $b^*$  (زردی) پس از درجه‌بندی دستگاه با بشقابک سیاه و سفید تعیین گردید. مقادیر گزارش شده میانگین ۳ اندازه‌گیری برای هر نمونه می‌باشند. رنگ شربت‌های مورد استفاده شامل گلوکز

9. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis  
10. Cutting test  
11. Puncture test

8. Total mesophilic viable count

فعالیت آبی در این گروه از محصولات، از ۰/۱۴ در آبنبات‌های سخت تا ۰/۸ در قرص‌های نعنای متغیر است [۱۸]. همان‌طور که در شکل ۱ (I) دیده می‌شود، فعالیت آبی در فرمولاسیون A، B و C به طور معنی‌داری بیشتر از فرمولاسیون‌های حاوی ۳۰ و ۴۰٪ از HFCS-55 می‌باشد (P < ۰/۰۵). گزارش شده است که در انواع نوقاها فعالیت آبی بین ۰/۷-۰/۴ می‌باشد. به دلیل اینکه فروکتوز در مقایسه با ساکارز وزن مولکولی کمتری دارد، فشار اسمزی بیشتری اعمال کرده و لذا در غلظت‌های معادل با ساکارز فعالیت آبی را به میزان بیشتری کاهش می‌دهد [۱۸]. وازکوئز و همکاران [۱۹] گزارش کردند، فعالیت آبی در حین تهیه تورون<sup>۱۲</sup> (نوعی نوقای اسپانیایی) به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. فرمولاسیون تورون شامل عسل، دکستروز، شکر و آب است که پس از تغلیظ اوآلبومین تخم مرغ به آن افزوده می‌شود. این محققین گزارش کردند، فعالیت آبی در زمان صفر ۰/۸۶۲ می‌باشد که پس از ۳۰ دقیقه تغلیظ به ۰/۱۴۱ می‌رسد.



**Fig 1** Water activity (I) and Moisture content (II) of different Gaz formulation  
Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

استفاده از پروب استوانه‌ای شکل فولادی به قطر ۲ میلی‌متر انجام شد. برای این منظور پروب به لودسل ۲۰ کیلوگرم نیرویی ماشین تست یونیورسال مدل Santam, MRT-5 متصل شد. در این آزمون سرعت نفوذ و عمق نفوذ پروب به ترتیب برابر ۰/۳ میلی‌متر بر ثانیه و ۱/۵ میلی‌متر تنظیم شد. با اتصال یک تیغه به ضخامت ۰/۲۵ میلی‌متر به فک متحرک دستگاه انجام شد. نمونه بر روی فک پایین قرار گرفت و برش از مرکز نمونه آغاز شد. سرعت برش ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه بود. برای این منظور هم مانند تست نفوذ، از لودسل ۲۰ کیلوگرم نیرویی متصل به دستگاه استفاده شد [۲].

## ۲-۷- آزمون‌های حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های گز توسط ۱۵ ارزیاب حسی آموزش‌دیده از کارکنان پالایشگاه غلات زر انجام شد. جهت انجام ارزیابی حسی، نمونه‌های گز در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. نمونه‌های گز از نظر رنگ، بو، طعم، بافت، قابلیت جویدن، چسبندگی به دندان، چسبندگی به بسته‌بندی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در حین ارزیابی، از افراد خواسته شد پس از خوردن هر نمونه دهان خود را با آب شست‌وشو دهند. برای ارزیابی حسی از روش هدونیک ۵ امتیازی استفاده شد که امتیاز ۵ به نمونه‌ی عالی و امتیاز ۱ به نمونه‌ی خیلی بد تعلق گرفت.

## ۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد. آزمایشات به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، حسی و بافتی نمونه‌های گز از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن ( $P < ۰/۰۵$ ) بر انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار Minitab.16 صورت گرفت.

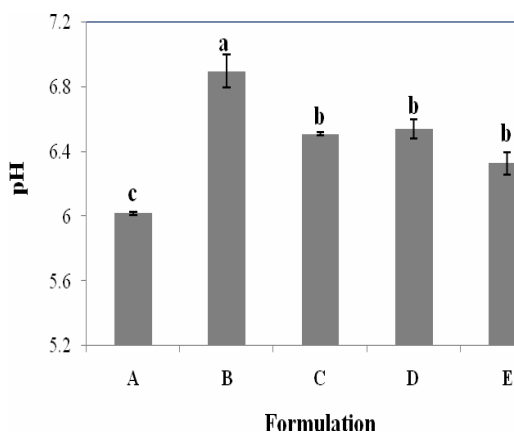
## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی و تغذیه‌ای

فعالیت آبی فاکتوری است که فعالیت آنزیم‌ها، واکنش مایلارد، اکسیداسیون چربی، ثبات میکروبی، تازگی، بافت و سایر ویژگی‌های کیفی مواد غذایی از جمله فرآورده‌های قنادی و در نتیجه مدت زمان ماندگاری آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

C, D و E از این نظر مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). pH در شربت گلوکز اسیدی معمولاً بین ۵/۵-۳/۵ و در گلوکز آنزیمی بین ۶-۴ است. شربت HFCS-55 مورد استفاده در این بررسی نیز دارای pH ۳/۹ بود که طبیعی است با افزایش درصد شربت فروکتوز در فرمولاسیون pH نمونه‌های گز به تدریج کاهش یابد.

مقادیر انرژی فرمولاسیون‌های مختلف گز در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، اختلاف معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های A، B و C از این نظر وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). با افزایش میزان HFCS میزان انرژی از ۳۵۲۳/۱۴ در فرمولاسیون C به ۳۴۹۶ Kcal/kg در فرمولاسیون E کاهش یافت. مقادیر کالری شکر سفید، HFCS-42، HFCS-55 و فروکتوز کریستالی به ترتیب ۳/۷، ۳/۷ و ۳/۷ kcal/g گزارش شده است [۲۱] که کاهش انرژی مشاهده شده در فرمولاسیون‌های گز در مقایسه با نمونه‌ی کنترل A (حاوی ۱۰۰٪ شکر) را تأیید می‌نماید.



**Fig 2** pH of different *Gaz* formulation  
Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

در ترکیب HFCS-55 مورد استفاده درصد فروکتوز و مجموع فروکتوز + دکستروز به ترتیب ۵۷/۴٪ و ۹۳/۴٪ می‌باشد. ۶٪ باقی‌مانده را واحدهای قندی بزرگ‌تر تشکیل می‌دهند که مراحل هیدرولیز آنزیمی آن‌ها در بدن مستلزم صرف انرژی می‌باشد [۲۱].

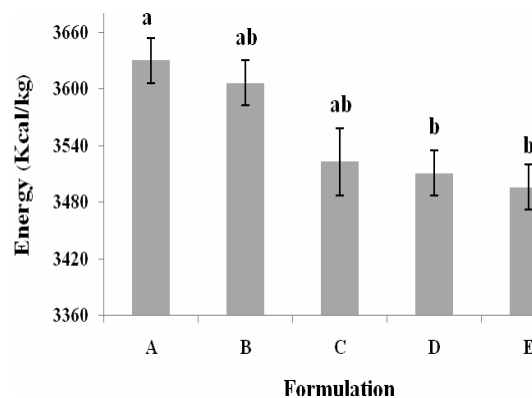
در تحقیق انجام شده در زمینه‌ی جایگزینی شکر موجود در فرمولاسیون کیک با انواع مختلفی از قندها و قند الکل‌ها، نتایج نشان داد فعالیت آبی در نمونه‌ی کنترل ۸۷۷/۰ بود درحالی‌که کیک حاوی مانیتول، پلی دکستروز و الیگو فروکتوز فعالیت آبی بیشتر (به ترتیب ۹۰۱/۰، ۸۹۴/۰ و ۸۹۳/۰) و نمونه‌های حاوی سوربیتول، فروکتوز و مالتیتول مقادیر فعالیت آبی بسیار پائین-تری (به ترتیب ۸۵۷/۰، ۸۶۱/۰ و ۸۶۶/۰) نشان دادند [۲۰]. نتایج فوق کاهش فعالیت آبی مشاهده شده در نمونه‌های گز حاوی درصدهای بالاتر فروکتوز را تأیید می‌نماید.

محتوای رطوبتی نمونه‌های گز نیز در شکل ۱ (II) نشان داده شده است. نوع فرمولاسیون تأثیر معناداری بر محتوای رطوبتی نمونه‌ها داشت ( $P < 0.05$ ). همان‌طور که مشاهده می‌شود، محتوای رطوبتی نمونه‌ی گز کنترل (A) ۷/۳۱٪ و در نمونه‌ی B این میزان ۸/۴۷٪ می‌باشد. تفاوت در محتوای رطوبتی این دو نمونه را تنها می‌توان به تفاوت در نوع گلوکز مورد استفاده در فرمولاسیون نسبت داد چراکه در فرمول A از گلوکز اسیدی و در فرمول B از گلوکز آنزیمی استفاده شد. در فرمولاسیون‌های B، C، D و E با افزایش میزان شربت فروکتوز محتوای رطوبتی کاهش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های B، C و D مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). کاهش مشاهده شده در محتوای رطوبتی نمونه‌ها می‌تواند به تمایل شدید فروکتوز به جذب آب نسبت داد. کانفورتی و همکاران [۱۴] گزارش کردند مالتو دکستروز و HFCS خاصیت جاذب الرطوبه داشته، آب را جذب و به آن متصل می‌شوند و درعین‌حال سبب افزایش مواد جامد محلول و ویسکوزیته می‌گردند. این محققین گزارش کردند، محتوای رطوبتی در نمونه‌های کیک حاوی ۱۰۰-۲۵٪ از HFCS اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (۴۴/۹-۴۵/۳٪).

نتایج اندازه‌گیری pH نمونه‌های گز نشان داد نمونه‌ی B دارای بیشترین pH و نمونه‌ی A دارای کمترین pH می‌باشد (شکل ۲). اگرچه با افزایش درصد فروکتوز pH به طور جزئی کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های

گلوکز و HFCS-55 تهیه شده با روش آنزیمی به ترتیب ۱۰/۱ و ۳/۵ ICUMSA بود حال آنکه این میزان برای شربت گلوکز اسیدی مورد استفاده در فرمولاسیون A بالاتر از ۱۰۰ ICUMSA بود که تأییدی بر کاهش  $L^*$  در نمونه‌ی A می‌باشد. تولید شربت به روش اسیدی دارای معایبی است که از آن جمله می‌توان به تشکیل ترکیبات رنگ و طعم و آلودگی‌هایی از قبیل فورفورال و فرمیک اسید اشاره کرد که به دلیل دشوار بودن کنترل فرآیند می‌باشد. حال آنکه این مشکلات در فرآیند اسیدی وجود ندارد و شربتی با ویژگی‌ها و ترکیب کنترل‌شده و ثابت تولید می‌شود [۱۷، ۲۳]. کاهش میزان  $L^*$  در فرمولاسیون‌های C، D و E نسبت به B، همزمان با افزایش مقادیر  $b^*$  نشان‌دهنده‌ی تشدید واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی مایلارد است. مایلارد واکنش شیمیایی است که بین آمینواسیدها و قندهای احیاء کننده نظیر فروکتوز و گلوکز در حضور حرارت رخ می‌دهد (شکل ۴ (II)).

گزی یکی از فرآورده‌های قنادی است که به دلیل حضور قندهای احیاءکننده یعنی شربت گلوکز و پروتئین‌های سفیده‌ی تخم مرغ، pH مناسب برای واکنش مایلارد (۶-۷) و استفاده از حرارت در پروسه‌ی تولید بسیار مستعد واکنش مایلارد است [۲۴]. باوجود استفاده از HFCS در فرمولاسیون‌های C-E و افزایش در صد قند احیاء کننده، همان‌طور که مشاهده می‌شود حتی در بالاترین در صد استفاده از HFCS-55 (۴۰٪) اختلاف معنی‌داری بین  $L^*$  و  $a^*$  فرمولاسیون E با A مشاهده نشد و سایر نمونه‌ها نیز نسبت به نمونه‌ی A دارای  $L^*$  بیشتر و  $b^*$  کمتر بودند. گزارشی پیرامون اندازه‌گیری رنگ نمونه‌های گزی در منابع علمی یافت نشد و تحقیق حاضر اولین بررسی انجام شده در زمینه‌ی تأثیر فرمولاسیون بر ویژگی‌های رنگی گزی می‌باشد. تغییرات فاکتورهای رنگی حین تولید تورون (نوقای اسپانیایی) طی زمان تولید (بین ۰ تا ۳۰ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مقادیر  $L^*$  و  $b^*$  طی پروسه‌ی تولید تورون به تدریج افزایش می‌یابند و مرحله‌ی کلیدی در افزایش مقادیر  $L^*$  و  $b^*$  پس از افزودن سفیده‌ی تخم مرغ به مخلوط قندی ابتدائی (عسل، شکر و شربت گلوکز) می‌باشد [۱۹]. نتایج مشابهی از افزایش میزان  $b^*$  و کاهش  $L^*$  در مغز نمونه‌های کیک تهیه شده با افزایش در صد جایگزینی شکر با HFCS-90 گزارش شد [۱۴].



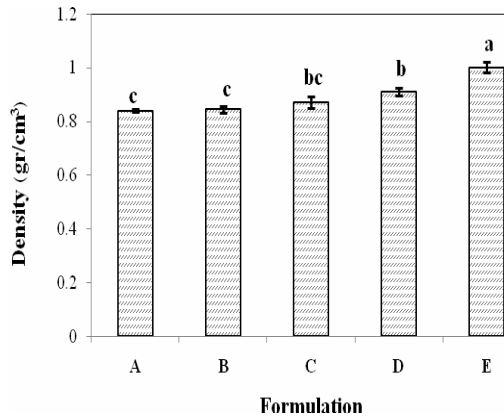
**Fig 3** Energy of different Gaz formulation  
Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

### ۲-۳- ویژگی‌های فیزیکی

#### ۲-۳-۱- رنگ

رنگ نمونه‌های گزی با تعیین سه فاکتور روشنایی ( $L^*$ ، قرمزی ( $a^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) تعیین شد. طبق استاندارد ملی ایران [۱۵] رنگ طبیعی گزی سفید می‌باشد که در صورت اضافه شدن شکر قهوه‌ای، مواد اختیاری و افزودنی‌های طبیعی (زعفران، کاکائو و میوه)، رنگ، طعم و بوی محصول متمایل به ماده‌ی افزوده شده می‌شود. با توجه به کم اهمیت بودن مقادیر  $a^*$  در مورد محصولی نظیر گزی، از بین فاکتورهای اندازه‌گیری شده تنها  $L^*$  و  $b^*$  مورد بررسی قرار گرفتند. مولفه‌ی  $L^*$  به صورت تقریبی بیانگر درخشندگی محصول می‌باشد. در حقیقت بر اساس این ویژگی، هر نمونه می‌تواند در محدوده‌ای از مقیاس سفید تا سیاه قرار گیرد و میزان خاکستری بودن آن با مقیاسی بین ۱۰۰-۰ تعیین گردد. مقادیر مثبت مولفه‌ی  $b^*$  بیانگر زردی و مقادیر منفی آن نشان از وجود رنگ آبی در نمونه‌های مورد بررسی است. همان‌طور که در شکل ۴ (I) نشان داده شده است، بیشترین میزان  $L^*$  متعلق به فرمولاسیون B می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های C و D نداشت ( $P < 0.05$ ). کمترین میزان  $L^*$  نیز متعلق به فرمول A (۸۵/۵۱) بود که اختلاف معنی‌داری با E (۸۵/۶۱) نشان نداد. کاهش  $L^*$  در فرمولاسیون A نسبت به B را می‌توان به رنگ شربت گلوکز مورد استفاده در دو فرمول نسبت داد. شربت گلوکز مورد استفاده در واحد تولیدی گزی از نوع اسیدی با رنگ زرد تیره بود. حد مجاز رنگ برای شربت گلوکز و HFCS-55 به ترتیب ۲۰۰ [۱۷] و ۲۰ ICUMSA [۲۲] می‌باشد. رنگ

نمونه‌های A و B از ساختار هوادهی شده برخوردارند و دانسیته‌ی آنها از آب کمتر است. بافت گز به عنوان یک فرآورده‌ی فتادی هوادهی شده از سلول‌های ریز پر شده با هوا تشکیل شده است که اطراف آن توسط دیواره یعنی سفیده‌ی تخم مرغ پوشیده شده‌اند [۲۶].

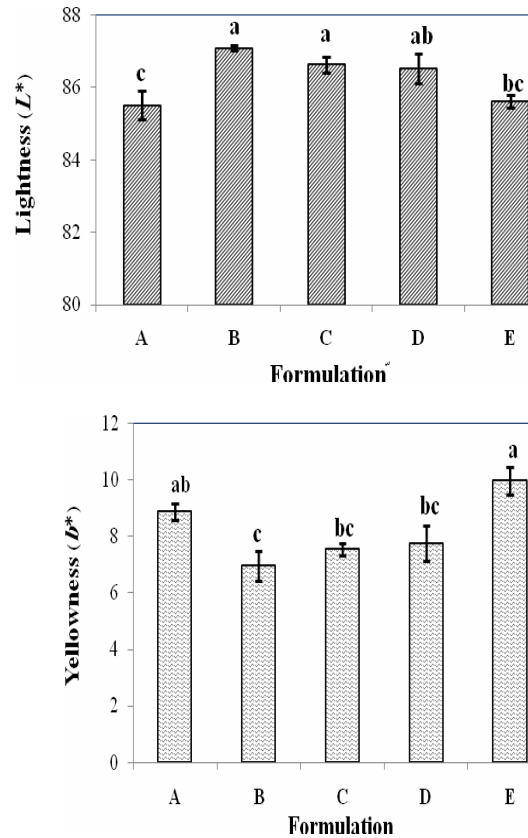


**Fig 5** Density values of different *Gaz* formulation. Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

کاربرد سوربیتول و ایزومالت در فرمولاسیون گز رژیمی سبب افزایش دانسیته نسبت به نمونه‌ی کنترل شده و بیشترین دانسیته متعلق به نمونه‌های حاوی ۲۵٪ سوربیتول - ۶۵٪ ایزومالت و ۲۵٪ سوربیتول - ۶۰٪ ایزومالت بود. دانسیته‌ی کمتر نمونه‌ی شاهد (کمتر از یک) تولید شده با شکر به وجود حفرات هوا و تخلخل مشاهده شده در تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی رویشی نسبت داده شد، حال آنکه در نمونه‌های تولید شده با شربت سوربیتول و ایزومالت این ساختار مشاهده نشد [۴]. در بررسی انجام شده روی جایگزینی شکر با فروکتوز در کیک، حجم ویژه‌ی نمونه به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش و در نتیجه دانسیته افزایش یافت که به تأثیر فروکتوز روی دمای ژلاتینه شدن نشاسته و افزایش استحکام ساختار قبل از تشکیل حباب‌های هوا نسبت داده شد [۲۰].

### ۳-۳- ویژگی‌های بافتی

نیروی برش یکی از شاخص‌های تجربی و نیروی مورد نیاز برای برش و دو تکه کردن ماده‌ی غذایی می‌باشد. اندازه‌گیری با استفاده از پروبی شبیه تیغه‌ی چاقو انجام می‌شود [۲]. به نظر می‌رسد که اساس عمل بریدن با دستگاه اینسترون، کششی بوده چراکه نمونه از اطراف توسط تیغه کشیده می‌شود. با این وجود



**Fig 4** Lightness (I) and Yellowness (II) of different *Gaz* formulation. Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

### ۳-۲-۲- دانسیته

دانسیته یکی از خواص بیوفیزیکی مواد غذایی تلقی می‌شود که می‌تواند بافت و احساس دهانی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فرآوری می‌تواند دانسیته‌ی مواد غذایی را با ورود هوا به فرمولاسیون تحت تأثیر قرار دهد. هوادهی سبب افزایش حجم و کاهش دانسیته‌ی مواد غذایی بدون افزایش وزن محصول می‌شود [۲۵]. دانسیته‌ی فرمولاسیون‌های مختلف گز در شکل ۵ نشان داده شده است. بررسی اثر فرمولاسیون بر دانسیته‌ی نمونه‌های گز حاکی از آن بود که کمترین دانسیته متعلق به فرمولاسیون A ( $0.83 \text{ gr/cm}^3$ ) که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی B ( $0.84 \text{ gr/cm}^3$ ) نداشت ( $P > 0.05$ ). با افزایش درصد HFCS-55 دانسیته به طور معنی‌داری از  $0.87 \text{ gr/cm}^3$  در فرمولاسیون C به  $1 \text{ gr/cm}^3$  در فرمولاسیون E افزایش یافت که نشان‌دهنده‌ی تشکیل بافت چگال و فشرده‌تر با کاهش ساختار هوادهی شده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد



اساساً یک الگوی پیچیده تنشی رخ می‌دهد که ترکیبی از کشش، فشار و برش می‌باشد [۲۷]. همان‌طور که در شکل ۶ (I) نشان داده شده است، نیروی برشی مورد نیاز برای نمونه‌های گز بین ۳/۶۵-۶/۹۲ نیوتون متغیر است. در بین نمونه‌های مورد بررسی، فرمولاسیون A بیشترین نیروی برش را به خود اختصاص داد که این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشت ( $P < 0/05$ ). در فرمولاسیون B نیروی برشی بیشتر از نمونه‌های حاوی HFCS-55 بود هر چند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت. کمترین نیروی برش نیز ۳/۶۵ نیوتون بود که به نمونه‌ی E اختصاص داشت. در این آزمون فشردن و برش به صورت هم‌زمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرمولاسیون تأثیر معنی‌داری بر نیروی نفوذ نمونه‌ها داشته ( $P < 0/05$ ) و همانند آزمون برش بیشترین نیروی نفوذ به فرمولاسیون A (۰/۵۳ نیوتون) اختصاص داشت (شکل ۶ (II)). مقادیر بالای نیروی برش در نمونه‌ی شاهد را می‌توان به سخت‌تر بودن بافت به ویژه در بخش‌های سطحی نسبت داد. در نمونه‌ی B نیروی نفوذ ۰/۳۶ نیوتون بود که با افزودن HFCS-55 این میزان در فرمولاسیون‌های C، D و E به ۰/۳۴، ۰/۲۷ و ۰/۲۴ نیوتون کاهش یافت.

بافت نوقا و فرآورده‌های قنادی مشابه به فاکتورهای متعددی از قبیل نسبت شکر به شربت گلوکز، رطوبت محصول نهائی، نسبت فاز مایع به ترکیبات جامد، نوع ترکیب کف‌کننده، درجه‌ی هوادهی، کمیت و نوع ترکیبات فرمولاسیون بستگی دارد [۲۸].

در بررسی انجام شده روی نمونه‌های گز تهیه شده با شربت سوربیتول و ایزومالت نیز نتایج مشابهی گزارش شد.

امام جمعه و همکاران [۴] گزارش کردند نمونه‌های گز حاوی درصد بالاتری از شربت سوربیتول، نیروی نفوذ و برش کمتری نسبت به نمونه‌ی شاهد داشتند که به خاصیت نرم‌کنندگی آن نسبت داده شد. در مقابل افزایش در صد ایزومالت سبب افزایش سفتی نمونه‌ها گردید. حجتی و همکاران [۲]، نیروی

برشی و نفوذ ۷ نمونه‌ی گز پسته‌ای و بادامی ایران را اندازه‌گیری کردند. نیروی برشی نمونه‌ها بین ۱/۷۷-۱۴/۶ نیوتون و نیروی نفوذ آن‌ها بین ۱۰/۷۲-۱/۷۴ نیوتون بود و بیشترین میزان نیروها در نمونه‌های گز بادامی مشاهده گردید. این محققین گزارش کردند، نوع و میزان مغز مورد استفاده در فرمولاسیون گز مهم‌ترین عامل مؤثر بر ویژگی‌های بافتی آن است اما اطلاعاتی پیرامون سایر ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون گز ارائه نشد. به نظر می‌رسد بالا بودن مقادیر نیروی برشی و نفوذ در تحقیق یاد شده نسبت به بررسی حاضر به دلیل حضور مغز در نمونه‌های مورد استفاده در آزمون بافت است حال‌آنکه در بررسی ما، از برش‌های گز فاقد مغز استفاده گردید. در بررسی دیگری حجتی و همکاران [۲۹] ویژگی‌های بافتی نمونه‌های تورون ایتالیایی، تورون اسپانیایی و ناگت فرانسوی را از نظر نیروی برشی و نفوذ با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد بیشترین میزان نیروی نفوذ و برش به ترتیب متعلق به تورون اسپانیا (۸/۶۴ و ۱۳۴ نیوتون)، ناگت (۳/۹۰ و ۳۲/۲ نیوتون) و تورون ایتالیا (۰/۷۴ و ۱۶/۴ نیوتون) بود.

همان‌طور که اشاره شد کمیت و کیفیت نوع شیرین‌کننده‌های مورد استفاده تأثیر به‌سزایی در ویژگی‌های بافتی گز دارند. شربت گلوکز و فروکتوز ماده‌ی هیومکتانت<sup>۱۳</sup> هستند که طبق تعریف مقدار رطوبت آن‌ها با تغییر رطوبت محیط اطراف به میزان کمی تغییر می‌کند و در نتیجه از خشک شدن مواد جلوگیری می‌کنند. تفاوت مشاهده شده بین فرمولاسیون‌های A و B از نظر نیروی نفوذی و برشی به دلیل تفاوت در نوع شربت گلوکز مورد استفاده است که نمونه‌ی A به دلیل از دست دادن رطوبت در طول زمان دچار سخت شدن سطحی شده و نیروی لازم برای برش و نفوذ آن‌ها افزایش می‌یابد. فروکتوز و شربت‌های حاوی فروکتوز بالا نظیر HFCS-55 دارای خواص هیگروسکوپیک (جذب آب از محیط اطراف) و

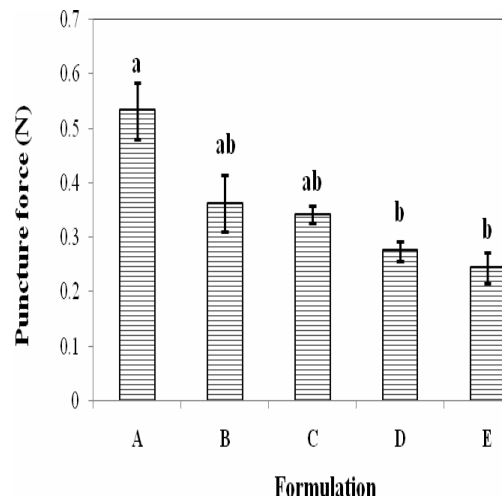
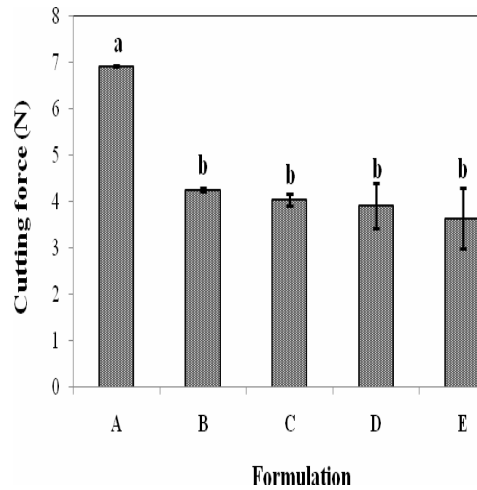
فروکتوز و HFCS شیرین‌کننده‌ی مفیدی از نظر حفظ رطوبت محصول در رطوبت‌های نسبی کم، تأخیر در کریستالیزاسیون مجدد در غلظت‌های بالای قند، تأخیر در بیاتی محصولات پخت، بهبود کیفیت خوراکی و افزایش زمان ماندگاری فرآورده‌های قنادی می‌باشند [۲۱].

### ۳-۴- شمارش میکروبی

نتایج مربوط به شمارش میکروبی فرمولاسیون‌های مختلف گز در جدول ۲ نشان داده شده است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد فرآورده‌های قنادی و محصولات حاوی درصد‌های بالای قند، فعالیت آبی پائین این محصولات می‌باشد که می‌تواند رشد بسیاری از باکتری‌های عامل فساد و پاتوژن را متوقف نماید. در مقابل فساد در این قبیل از محصولات با رشد مخمرهای قند دوست و کپک‌های خشکی دوست مرتبط می‌باشد [۳۰]. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شد، فعالیت آبی فرمولاسیون‌های مختلف گز با افزایش در صد HFCS کاهش یافت که نتایج شمارش میکروبی را تأیید می‌نماید. استافیلوکوکوس اورئوس در محدوده‌ی فعالیت آبی ۰/۸۶-۰/۸۳ [۳۱] و اشرشیا کلی ۰/۹۵-۰/۹۹۵ [۳۲] قادر به رشد می‌باشد. طبیعی است که در فعالیت آبی ۰/۴۴-۰/۴۱ (شکل I-۱) رشد و زنده‌مانی این دو باکتری در نمونه‌های گز غیرممکن خواهد بود (جدول ۲).

رشد میکروارگانیسم‌ها و عمر نگهداری محصولات حاوی درصد‌های بالای قند، تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر فعالیت آبی، pH، حضور ترکیبات نگهدارنده و دمای نگهداری قرار می‌گیرد. فساد میکروبی در این قبیل از محصولات ممکن است پس از چند ماه ظاهر شود. در صورتی که محصولاتی نظیر گز یا انواع نوقا در محیطی با رطوبت بالا نگهداری شوند، ممکن است به دلیل هیگروسکوپ بودن آب از فضای اطراف جذب شده و چنین شرایطی به مخمرها اجازه رشد بیشتر داده می‌شود [۳۳].

هیومکتانسی<sup>۱۴</sup> (از دست دادن آب به محیط اطراف) بیشتری نسبت به ساکارز، دکستروز و سایر شیرین‌کننده‌های مغذی می‌باشد [۹].



**Fig 6** Cutting (I) and puncture force (II) of different *Gaz* formulation  
Different letters in each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

بنابراین طبیعی به نظر می‌رسد که با افزایش در صد جایگزینی شکر با HFCS-55 در فرمولاسیون‌های C-E نرمی بافت بیشتر و بنابراین نیروهای نفوذ و برش کاهش خواهد یافت.

Table 2 Microbial counts of different Gaz formulation

Formulation					Attribute
E	D	C	B	A	
N	N	N	N	N	<i>Staphylococcus aureus</i>
N	N	N	N	N	<i>Escherichia coli</i>
1.65±0.65 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.91 ± 0.26 <sup>ab</sup>	2.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.00 <sup>a</sup>	Total count
1.30±0.69 <sup>a</sup>	1.17±0.00 <sup>a</sup>	1.37±0.37 <sup>a</sup>	1.51±0.47 <sup>a</sup>	1.55±0.95 <sup>a</sup>	Mold and yeast

Values are means ± SD.

Values in the same column with the same lowercase letters are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

N= Negative

مولکولی پائین و حلالیت بالا، دارای خاصیت خود-استریل کنندگی می‌باشد [۳۴]. بنابراین طبیعی به نظر می‌رسد که با افزایش میزان HFCS جمعیت کپک و مخمر و شمارش کلی میکروارگانیزم‌ها در فرمولاسیون‌های C، D و E کمتر از A و B باشد.

### ۳-۴- آزمون حسی

از دیدگاه حسی، ویژگی‌هایی از قبیل درخشندگی، شیرینی، چسبندگی، متراکم بودن، یکنواختی ظاهری لقمه‌ی گز و قابلیت جویدن آن از اهمیت زیادی برای مصرف‌کنندگان برخوردار است [۲]. نتایج آزمون حسی فرمولاسیون‌های مختلف گز در جدول ۳ نشان داده شده است. در کل ویژگی‌های حسی گز تحت تأثیر فرمولاسیون و شرایط تولید آن قرار دارد. مقدار شیرین‌کننده‌ها و شدت شیرینی آن‌ها، در صد مغز مورد استفاده، میزان گلاب و گرانگین در کنار شدت فرآیند حرارتی مورد استفاده برای تولید، سبب ظهور ویژگی‌های ارگانولپتیکی مختلف در محصول می‌شوند. بیشترین امتیاز رنگ به فرمولاسیون D تعلق داشت (۳/۸۶) حال آنکه فرمولاسیون A کمترین امتیاز (۲/۹۳) را به خود اختصاص داد که با نتایج به دست آمده در آزمون اندازه‌گیری رنگ مطابقت دارد. همان‌طور که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود نمونه‌ی A کمترین  $L^*$  را دارا بوده و  $b^*$  آن نیز اختلاف معنی‌داری با فرمولاسیون E نداشت. از آنجائی که انتظار مصرف‌کنندگان از گز رنگ سفید و ظاهری درخشان است، لذا دو فرمول A و E در ارزیابی حسی نیز امتیاز کمتری را کسب کردند.

گز به‌عنوان یک فرآورده‌ی قنادی بایستی دارای طعم شیرین باشد هرچند که میزان پذیرش و شدت شیرینی بسته به ذائقه‌ی مصرف‌کنندگان متفاوت است. شیرینی یکی از ویژگی‌های عملکردی اصلی قندهاست و از این نظر اختلاف زیادی بین آن‌ها وجود دارد. مقادیر شیرینی نسبی برای ساکارز، فروکتوز کریستالی، HFCS-90، HFCS-55، HFCS-42 و شربت گلوکز (DE=۴۲) به ترتیب ۱، ۱/۸-۱/۲، ۱/۶-۱/۲، ۱ یا کمی

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، اگرچه با افزایش در صد HFCS در فرمولاسیون گز، جمعیت کپک و مخمر کاهش یافت، اما اختلاف معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های مختلف از این نظر وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). در مورد شمارش کلی نیز جمعیت از ۲ در نمونه‌های حاوی شکر (A و B) به Log شربت گلوکز و HFCS-55 در حدود ۰/۷-۰/۸۵ می‌باشد و خود این شربت‌ها بیشتر در معرض فساد با زیگوساکارومایسس بایلی و زیگوساکارومایسس روکسی قرار دارند. حضور این مخمرها در شربت‌هایی که در فرمولاسیون سایر محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است سبب آلودگی این محصولات و فساد آن‌ها شود [۳۰]. با این وجود شمارش کپک و مخمر در تمامی فرمولاسیون‌های تهیه شده کمتر از حد مجاز در استاندارد ملی ایران [۱۵] می‌باشد (۱۰۰ کلنی در گرم برای کپک و ۱۰۰ کلنی در گرم برای مخمر).

شربت‌های گلوکز و فروکتوز، محلول‌های تغلیظ شده‌ای از قندها می‌باشد که در محلول‌های رقیق ایجاد فشار اسمزی می‌نمایند. بنابراین در صورتی که مخمرها یا هرگونه میکروارگانیزم دیگری در تماس با آن‌ها قرار گیرد، به دلیل وجود دیواره سلولی نسبتاً نفوذپذیر، این شربت‌ها قادرند آب موجود در درون سلول را به بیرون کشیده و ارگانیزم را دهیدراته نمایند. این مکانیسم مهم‌ترین اثر نگهدارندگی شربت‌ها محسوب می‌شود. فشار اسمزی ایجاد شده توسط شربت‌های قندی، با وزن مولکولی آن‌ها مرتبط بوده و وزن مولکولی پائین‌تر فشار اسمزی بیشتری ایجاد می‌کند. فشار اسمزی ایجاد شده توسط محلول ۱۰٪ شکر، شربت گلوکز با  $DE=۴۲$ ، دکستروز، HFCS-90، HFCS-55 و HFCS-42 (به ترتیب با وزن مولکولی ۳۴۲، ۴۲۹، ۱۸۰، ۱۸۲، ۱۸۵ و ۱۹۰) به ترتیب ۷/۲، ۱۳/۵، ۱۳/۵، ۱۳/۳ و ۱۲/۹ می‌باشد. از آنجائی که HFCS مخلوطی از دکستروز و فروکتوز می‌باشد، به دلیل وزن

فرمولاسیون تأثیر معنی داری بر امتیاز بو نمونه‌های گز نداشت با این وجود نمونه‌های حاوی HFCS-55 امتیاز بیشتری نسبت به نمونه‌های A و B کسب کردند. در بررسی بافت نمونه‌ها از ارزیابان خواسته شد، با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی از قبیل سفتی، یکنواختی شکل، سختی سطحی، دانه‌ای بودن بافت و احساس تازگی، بافت ظاهری نمونه‌ها را امتیازدهی کنند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، کمترین امتیاز به نمونه‌ی E تعلق گرفت (۲/۵۳) که اختلاف معنی داری با نمونه‌های C و D داشت. این امتیاز پائین احتمالاً به دلیل کشسانی مشاهده شده در بافت نمونه و نرم بودن بیشتر آن نسبت به سایر فرمولاسیون‌های مورد بررسی بود.

در نمونه‌های C و D حالت سخت شدن سطحی مشاهده نشد و نرمی نمونه‌ها در حد مطلوب و تداعی‌گر تازگی نمونه‌ها بود. از نظر چسبندگی به دندان نیز اختلاف آماری معنی داری بین فرمولاسیون‌های مختلف مشاهده نشد با این وجود نمونه‌ی E کمترین امتیاز را دارا بود. امتیازات کسب‌شده توسط نمونه‌ها تا حد زیادی نتایج آزمون‌های بافتی را تأیید می‌نمایند.

بیشتر، ۱ و ۰/۵ می‌باشد. تقریباً هیچ‌یک از شربت‌های گلوکز به شیرینی ساکارز نمی‌باشند. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد HFCS درک سریع شیرینی آن می‌باشد. در مقایسه با ساکارز، شیرینی HFCS بسیار سریع احساس شده و وقفه‌ای در این احساس وجود ندارد. در مقابل شیرینی ساکارز دیرتر احساس می‌شود اما مدت زمان احساس شیرینی آن بیشتر است. از طرفی شربت‌های گلوکز با DE بالا و HFCS به دلیل وزن مولکولی پائین قندهای سازنده در انتقال طعم‌ها به گیرنده‌های مزه توان‌تر بوده و شیرین‌کننده‌های مطلوبی در انتقال طعم محسوب می‌شوند [۲۱] همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، کمترین امتیاز طعم متعلق به نمونه‌ی A و بیشترین آن متعلق به نمونه‌ی D می‌باشد. کاهش امتیاز نمونه‌ی A به دلیل پس طعم نامطلوب (متمایل به شوری) گلوکز اسیدی مورد استفاده است که در مقایسه با سایر نمونه‌ها، بسیار مشهود بود. بسیاری از ارزیابان به طعم فرمولاسیون F امتیاز کمتری دادند که احتمالاً به دلیل احساس شیرینی سریع آن می‌باشد.

Table 3 Scores of sensory attributes for *Gaz* samples with different formulations

P value	Formulation					Sensory attributes
	E	D	C	B	A	
0.031	3.80±0.74 <sup>ab</sup>	3.86±0.71 <sup>a</sup>	3.80±0.97 <sup>ab</sup>	3.73±0.67 <sup>ab</sup>	2.93±1.12 <sup>b</sup>	Color
0.013	3.20±0.90 <sup>ab</sup>	4.00±0.63 <sup>b</sup>	3.20±0.65 <sup>ab</sup>	3.06±0.92 <sup>b</sup>	2.86±0.14 <sup>b</sup>	Taste
0.540	3.53±1.25 <sup>a</sup>	3.46±0.80 <sup>a</sup>	3.60±1.08 <sup>a</sup>	3.06±0.99 <sup>a</sup>	3.06±1.28 <sup>a</sup>	Odor
0.009	2.53±0.80 <sup>b</sup>	3.66±0.78 <sup>a</sup>	3.53±1.02 <sup>a</sup>	3.13±0.95 <sup>ab</sup>	3.26±0.67 <sup>ab</sup>	Texture
0.670	2.93±1.12 <sup>a</sup>	3.40±1.14 <sup>a</sup>	3.20±1.27 <sup>a</sup>	3.33±1.07 <sup>a</sup>	3.53±0.95 <sup>a</sup>	Adhesion to tooth
0.003	2.73±0.99 <sup>b</sup>	3.93±0.67 <sup>a</sup>	3.53±0.61 <sup>ab</sup>	3.33±0.78 <sup>ab</sup>	3.06±0.85 <sup>b</sup>	Chewing
0.000	2.26±0.92 <sup>c</sup>	2.80±1.32 <sup>bc</sup>	3.20±0.97 <sup>abc</sup>	3.60±0.61 <sup>ab</sup>	4.06±0.85 <sup>a</sup>	Adhesion to packaging
0.000	2.66±0.94 <sup>c</sup>	4.00±0.80 <sup>a</sup>	3.66±0.78 <sup>ab</sup>	3.33±0.69 <sup>abc</sup>	3.00±0.89 <sup>bc</sup>	Total acceptability

Values are means ± SD.

Values in the same row with the same uppercase letter are not significantly different (P<0.05)

بیشترین امتیاز در ارزیابی کلی فرمولاسیون‌های مختلف گز به نمونه‌ی D تعلق گرفت که اختلاف آماری معنی داری با نمونه‌های C و B نداشت. پائین‌ترین امتیاز حسی نیز به دلیل از دست رفتن ویژگی‌های بافتی و چسبندگی نمونه‌ی F به دندان و بسته‌بندی مربوط به نمونه‌ی F بود. علی‌رغم اینکه رنگ، طعم و بوی خوشایندی داشت. در نمونه‌ی A، رنگ تیره و پس طعم شوری که اغلب ارزیابان به آن اشاره نمودند، سبب کاهش امتیاز ارزیابی کلی گردید. از نظر ویژگی‌های حسی، گز بیشتر شبیه به نوقای فرانسوی است تا توروون ایتالیا یا اسپانیا، چرا که

همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه‌ی E کمترین امتیاز را از این نظر کسب کرد که احتمالاً به دلیل چسبندگی آن به دندان و سختی جویدن آن بود. در نمونه‌ی A نیز سخت شدن سطحی سبب افزایش نیروی مورد نیاز برای برش گردید که تکه‌تکه شدن آن توسط دندان و قابلیت جویدن آن را دشوار می‌نماید. قابلیت جویدن بهتر نمونه‌های D، C و B با نرمی بافت و پائین بودن نیروی برشی و نفوذ کمتر این نمونه‌ها مرتبط است. به‌طور مشابهی، در ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف گز نیز همبستگی بالایی بین ارزیابی سختی نمونه‌ها با مقادیر نیروی برشی ( $R^2 = 0/915$ ) و نفوذ ( $R^2 = 0/883$ ) مشاهده شد [۲].

## ۶- منابع

- [1] Goharian, M., 2008, Sugarless nougatz confectionery composition and method for making same. Google Patents.
- [2] Hojjati, M., M. Speziale., L. Noguera-Artiaga., and A. A. Carbonell-Barrachina., 2015, Volatile Composition, Texture and Sensory Description of Gaz (Traditional Persian Confection). *Journal of texture studies*. 46(6): 440-454.
- [3] Decker, N., and G. Ziegler, 2003, Mechanical properties of aerated confectionery. *Journal of Texture Studies*. 34(4): 437-448.
- [4] Emam-Djomeh, Z., R. Ghaheri., and G. H. Asadi., 2011, Investigating the effect of two types of dietary sweeteners on the textural properties of Gazz. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 6(2): 130-135.
- [5] Speziale, M., L. Vazquez-Araujo., A. Mincione., and A. A. Carbonell-Barrachina., 2010, Instrumental texture of Torrone of *Taurianova* (Reggio Calabria, Southern Italy). *Italian Journal of Food Science*. 22(441): 130-135.
- [6] Bucke, C., 1983, There is more to sweeteners than sweetness. *Trends in Biotechnology*. 1(3): 67-69.
- [7] Foulkes, P.H., 1977, Replacement of sugar in a sugar-containing food and process. Google Patents.
- [8] Dziedzic, S., and M. Kearsley., 1984, *Glucose syrups: Science and technology*. Elsevier Applied Science. 276 pages.
- [9] O'Brien-Nabors, L., 2016, *Alternative sweeteners*. Marcel Dekker, Inc. New York. 553 pages.
- [10] Forshee, R.A., M. L. Storey., D. B. Allison, W. H. Glinsmann., G. L. Hein., and D. R., Linebac., 2007, A critical examination of the evidence relating high fructose corn syrup and weight gain. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47(6): 561-582.
- [11] Moeller, S. M., S. A. Fryhofer., A. J., Osbahr., C. B. Robinowitz., Council on Science and Public Health and American Medical Association., 2009. The effects of high fructose syrup. *Journal of the American College of Nutrition*. 28(6): 619-626.
- [12] Lees, R., 2012, *Sugar confectionery and chocolate manufacture*. Springer Science & Business Media. 380 pages.

محصولات اخیر نسبت به گز و نوقا سفت‌تر و از قابلیت جویدن بیشتری برخوردارند [۲].

## ۴- نتیجه گیری کلی

فرمولاسیون مواد غذایی به یک ابزار علمی برای توسعه و بهینه‌سازی بافت غذا تبدیل شده است. برای این منظور ترکیبات مختلفی جهت ایجاد ویژگی‌های بافتی مواد غذایی مورد بررسی قرار می‌گیرند. در فرآورده‌ای نظیر گز ویژگی‌های بافتی از اهمیت زیادی برخوردارند که فاکتورهای عملیاتی و فرمولاسیون محصول به شدت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این بررسی تأثیر جایگزینی شکر با HFCS-55 در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای، بافتی و حسی گز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که افزایش در صد جایگزینی شکر با کاهش فعالیت آبی و در نتیجه افزایش ماندگاری میکروبی محصول همراه خواهد بود. علی‌رغم اثرات مطلوب ذکر شده با افزایش در صد جایگزینی، نتایج نشان داد سطوح بالای جایگزینی سبب از دست رفتن بافت و کاهش مقبولیت حسی آن‌ها می‌گردد. به نظر می‌رسد در سطح جایگزینی ۳۰٪، علاوه بر حفظ رنگ سفید و ظاهر درخشانده محصول، ویژگی‌های بافتی تا حدود زیادی حفظ شده، نمونه‌های گز برای مدت زمان طولانی‌تری تازگی خود را حفظ و رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد تا حد زیادی متوقف خواهد شد. علاوه بر این به دلیل قیمت پایین‌تر HFCS نسبت به شکر، قیمت تمام شده محصول پائین‌تر خواهد بود که از دیدگاه اقتصادی برای تولیدکنندگان بسیار مهم تلقی می‌شود. با این وجود به نظر می‌رسد مشکل چسبندگی به بسته‌بندی پس از استفاده از HFCS با تغییر در نوع مواد بسته‌بندی و استفاده از پوشش‌های مومی یا فویلی قابل حل باشد.

## ۵- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت مالی گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام قدردانی می‌گردد.

- R. Whistler, 3rd Ed. Academic Press, Elsevier, London, pp: 797-832.
- [24] Martins, S. I., W. M. Jongen., and M. A. Van Boekel., 2000, A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology*. **11**(9): 364-373.
- [25] Berk, Z., 2008, Food process engineering and technology. Academic press.
- [26] Bourne, M., 2002, Sensory methods of texture and viscosity measurement. In : Food texture and viscosity: Concept and measurement, Bourne, M. Academic Press, New York, pp: 257-291.
- [27] Arvanitoyannis, I., 2005, Texture in Food Volume 2: Solid foods. *International Journal of Food Science & Technology*. **40**(2): 235-236.
- [28] Chandan, R.C., and A. Kilara., 2010, Dairy ingredients for food processing. John Wiley & Sons.
- [29] Hojjati, M., M. Speziale., L. Vázquez-Araújo., A. Mincione., and A. A. Carbonell-Barrachina., 2015, Instrumental texture properties of Spanish *Turrón*, Italian *Torrone* and French Nougat. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*. **1**(2): 21-29.
- [30] Thompson, S., 2009, Microbiological spoilage of high-sugar products. in *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*. Doyle, M. P. Springer Science & Business Media, pp: 301-324.
- [31] Medvedova, A., and A. Studenicova., 2009, The effect of temperature and water activity on the growth of *Staphylococcus aureus*. *Czech Journal of Food Sciences*. **27**: 28-35.
- [32] Gibbs, P., and V. Gekas., 1998, Water activity and microbiological aspects of foods: A knowledge base. Leatherhead Food Research Association, Leatherhead, UK. pp: 1-6.
- [33] Martorell, P., M.T. Fernández-Espinar., and A. Querol., 2005, Molecular monitoring of spoilage yeasts during the production of candied fruit nougats to determine food contamination sources. *International Journal of Food Microbiology*. **101**(3): 293-302.
- [34] Hull, P., 2010, Glucose syrups: Technology and applications. John Wiley & Sons.
- [13] Ozdemir, C., E. Dagdemir., S. Ozdemir., and O. Sagdic., 2008, The effects of using alternative sweeteners to sucrose on ice cream quality. *Journal of Food Quality*. **31**(4): 415-428.
- [14] Conforti, F. D., P. Nee., and L. Archilla., 2001, The synergistic effects of maltodextrin and high- fructose corn sweetener 90 in a fat- reduced muffin. *International Journal of Consumer Studies*. **25**(1): 3-8.
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), Iranian national standard., 2014, No.3023: Gaz –Specification & Test Methods [Internet]. 2nd ed. Iran,pp: 1-26.
- [16] AOAC- Association of Official Analytical Chemists., 1996, Official Methods of Analysis, 16th ed. Washington.
- [17] Çelebi, İ., and N. S. Kincal., 2007, Color formation in wheat starch based glucose syrups and use of commercially available and laboratory-prepared agricultural waste based activated carbons for decolorization. *Separation Science and Technology*. **42**(8): 1761-1773.
- [18] Mitchell, H., 2008, Sweeteners and sugar alternatives in food technology. John Wiley & Sons.
- [19] Vázquez, L., A. Verdú., A. Miquel., F. Burló., and A. A. Carbonell-Barrachina., 2007, Changes in physico-chemical properties, hydroxymethylfurfural and volatile compounds during concentration of honey and sugars in Alicante and Jijona turrón. *European Food Research and Technology*. **225**(5-6): 757-767.
- [20] Psimouli, V., and V. Oreopoulou., 2012, The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **92**(1): 99-105.
- [21] White, J. S., 2014. Sucrose, HFCS, and fructose: history, manufacture, composition, applications, and production. In: *Fructose, High fructose corn syrup, sucrose and health*. Springer, pp: 13-33.
- [22] International Society of Beverage Technologists., 2006, High Fructose syrups 42 and 55 quality guidelines and analytical procedures, USA.
- [23] Hobbs, L., 2009, Sweeteners from starch: production, properties and uses. In : *Starch: Chemistry and Technology*, BeMiller, J. and

## Investigation the effect of sugar substitution by high fructose corn syrup on physicochemical, textural and sensory characteristics of *Gaz*

Ghaderi Ghahfarokhi, M. <sup>1\*</sup>, Jafari Asl, M. <sup>2</sup>, Afshari, S. <sup>3</sup>, Ershadi, A. <sup>4</sup>, Ahmadi, M. <sup>5</sup>

1. Ph.D of Food Technology, ZarNam Intellectual Knowledge-based Research Center

2. Ph.D of Analytical Chemistry, ZarNam Intellectual knowledge-based Research Center

3. M.Sc. Graduate of Microbiology, ZarNam Intellectual knowledge-based Research Center

4. Ph.D student of Food Science and Technology, ZarNam Intellectual Knowledge-based Research Center

5 Bachelor of Food Science, ZarNam Intellectual Knowledge-based Research Center

(Received: 2017/08/22 Accepted:2017/12/16)

In the present study, sucrose was replaced with high fructose corn syrup (HFCS) at various levels ranging from 20 to 40% in *Gaz* formulation and five formulation prepared as follow : A (100% sugar + acidic glucose syrup), B (100% sugar + enzymatic glucose), C (80% sugar + 20% HFCS-55 + enzymatic glucose syrup), D (70% sugar + 30% HFCS-55 + enzymatic glucose syrup) and E (60% sugar + 40% HFCS-55 + enzymatic glucose syrup). *Gaz* bites were analyzed for physicochemical properties, texture (cutting and puncture test), microbial growth and organoleptic characteristics. The low water activity and crude energy were found in samples added 30-40% HFCS-55 as compared to control. Moisture content of *Gaz* samples was decreased by increasing HFCS-55 but no significant differences were observed between B, C and D. Microbial spoilage of *Gaz* samples was controlled by formulation and substitution of sucrose by HFCS-55 restricted the growth of mold and yeast in C, D and E formulations. The color appearance parameters such as lightness and yellowness were significantly affected by the addition of HFCS in comparison with control ( $P < 0.05$ ). The values of the cutting and puncture force in *Gaz* ranged between 3.65-6.92 and 0.24-0.53 N, respectively. These two texture parameters were significantly affected by the formulation. Sensory data on a 5 point hedonic scale indicated that the panelists liked *Gaz* formulation prepared with HFCS up to 30% sugar replacement over control samples because of improved color, texture and taste.

**Keywords:** High fructose corn syrup, *Gaz*, Glucose syrup, Organoleptic characteristics, Texture

---

\* Corresponding Author Email Address: Maryamghaderi.gh63@gmail.com