

## بررسی استفاده از شربت سورگوم شیرین به عنوان جایگزین شکر در فرمولاسیون بیسکویت و نان قندی

جلال محمدزاده<sup>۱\*</sup>، جواد زنگانه<sup>۲</sup> و علیرضا صابری<sup>۳</sup>

۱ و ۳- به ترتیب: استادیار علوم صنایع غذایی و استادیار علوم زراعی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران  
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی گلستان، معاونت غذا و دارو، مرکز سلامت غلات، گرگان، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۵

### چکیده

امروزه استفاده از ترکیبات طبیعی به خصوص شیرین کننده‌ها در فرآورده‌های آردی اهمیت ویژه‌ای دارد. شربت سورگوم یک شیرین کننده‌ای است طبیعی و مغذی که می‌تواند جایگزینی مناسب برای شکر، به خصوص در بیسکویت و نان قندی باشد. در این تحقیق، امکان استفاده از شربت سورگوم شیرین (رقم KFS2 کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی گرگان) به جای شکر در دو فرآورده آردی بیسکویت و نان قندی بررسی شده است. به این منظور در فرمولاسیون این محصولات نسبت‌های مختلفی از شربت سورگوم شیرین (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) به کار گرفته شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ارزیابی رنگ و ویژگی‌های حسی محصول نیز اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، مصرف بیش از ۵۰ درصد شربت سورگوم موجب کاهش ضریب گسترش، افزایش ضخامت بیسکویت، کاهش میزان روشنایی و زردی و افزایش شدت قرمزی رنگ نمونه‌های بیسکویت و نان قندی می‌شود. همچنین، نمونه‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد شربت سورگوم به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ )، نسبت به شاهد، حجم کمتر و سفتی بیشتری دارند. آزمون ارزیابی حسی نیز نشان داد نمونه‌های بیسکویت و نان قندی حاوی ۱۰۰ درصد شربت سورگوم کمترین امتیاز و نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شربت سورگوم بیشترین امتیاز را از نظر رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی کسب کردند ( $P < 0.05$ ). بر اساس نتایج به دست آمده شربت سورگوم قابلیت آن را دارد تا ۵۰ درصد، به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت و نان قندی وارد شود بی‌آنکه تغییری معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد ایجاد شود.

### واژه‌های کلیدی

شیرین کننده طبیعی، فرآورده‌های آردی، کم شکر

### مقدمه

که سورگوم شیرین<sup>۱</sup> یا سورگو<sup>۲</sup> نامیده می‌شود (Poorkazem, 2009).

یک سوم از شکر تولیدی داخلی و وارداتی در صنایع غذایی مصرف می‌شود، صنایع غذایی شکر کریستالی را در آب حل و به صورت شربت مصرف می‌کند.

سورگوم از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد. شربت سورگوم، شیرین کننده‌ای طبیعی و مغذی است که طی فرآوری نوعی سورگوم به دست می‌آید

<http://doi.10.22092/FOODER.2019.125042.1197>

1- Sweet sorghum

Email: jmohamadzadeh@yahoo.com

2- Sorgo

\* نگارنده مسئول:

این فرآورده، با طعم ملاسی ملایم، قابلیت آن را دارد که به عنوان شیرین کننده طبیعی و مغذی به خصوص در تولید کیک و کلوچه‌ها، پنکیک‌ها و یا ساخت انواع دسرها و سس‌ها به کار رود. علاوه بر این می‌تواند به صورت شربت در کمپوت‌سازی، نوشابه‌سازی، داروسازی و در صنایع تخمیری به عنوان منبع کربنی به خصوص در تولید الکل به کار رود. از مزیت‌های دیگر این شربت آن است که به دلیل فعالیت بالای آنزیم اینورتاز بعد از برداشت، قند آن به راحتی بلوری نمی‌شود و در محصولات مختلف شکرک نمی‌زند (McLaren *et al.*, 2003).

در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات شیرین کننده طبیعی، به جای شکر، با کمترین تغییرات در خصوصیات اصلی فرآورده به خصوص در محصولات آردی (مانند بیسکویت و نان قندی که به دلیل تنوع طعم، ماندگاری طولانی و قیمت نسبتاً پایین در طیف وسیعی از جامعه خصوصاً کودکان و نوجوانان مصرف می‌شود)، اهمیت زیادی پیدا کرده است. بیسکویت‌ها و دیگر فرآورده‌های شیرین آردی معمولاً غنی از شکر (به خصوص قند ساکاروز) و چربی هستند که در برخی موارد مانع مصرف آنها می‌گردد. شیرین کننده‌ها نقش مهمی در ایجاد طعم، ظاهر، رنگ، طعم و ابعاد بیسکویت‌ها دارند، اما استفاده از آنها به عنوان مکمل در تولید محصولات کم‌کالری در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

در این راستا، استفاده از پلی‌ال‌ها و سایر شیرین کننده‌های طبیعی و مصنوعی در محصولات غذایی مانند، کوکی‌ها، کیک و بیسکویت‌ها و نان‌های شیرین بررسی شده است (Nourmohammadi & Peyghambaroust, 2011).

امروزه استفاده از انواع شیرین کننده‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی بسیار رایج شده تا جایی که بدون استفاده از آنها امکان تولید اکثر فرآورده‌ها وجود ندارد. شیرین کننده‌ها نه تنها نقش شیرین کنندگی دارند، بلکه پایدارکننده، رنگ دهنده، بافت دهنده نیز دارا هستند. به علت کمبود منابع طبیعی، استفاده از شیرین کننده‌های مصنوعی از جمله آسپارتام، ساخارین و سوکرالوز بسیار رایج شده است، اما این مواد از نظر سلامتی و طعم و بافت ایجاد شده در محصول مطلوب نیستند و تحقیقات در زمینه تولید فرآورده‌های قندی طبیعی و مغذی رو به گسترش است. استفاده از این شیرین کننده‌ها جنبه طبیعی و ارگانیک‌تری نسبت به سایر شیرین کننده‌ها دارد. شربت سورگوم شیرین به عنوان شیرین کننده‌ای طبیعی و مغذی به صورت مایعی روشن و فاقد تلخی با طعم مناسب می‌تواند جایگزین مناسبی برای شکر به خصوص در صنایع غذایی باشد (Almodares, 2015).

بر خلاف شکر که ماده‌ای است صد درصد کالری زا و عاری از مواد مغذی، شیرین کننده طبیعی شربت سورگوم دارای ترکیبات مغذی شامل اسیدهای آمینه ضروری (لیزین، متیونین)، مواد معدنی (آهن، روی، کلسیم، پتاسیم و منیزیم) و ویتامین‌های گروه B مانند ریوفلاوین است که این ترکیبات مفید در ساکارز وجود ندارد. این نوع سورگوم، شربتی به رنگ کهربایی روشن با طعم شیرین و ملایم، مقدار نشاسته کم، بدون بوی تند، با قابلیت کریستاله شدن بسیار کم و یا فاقد آن تولید می‌کند که می‌تواند در تهیه انواع محصولات آردی مانند بیسکویت، پنکیک‌ها، شیرینی و نان قندی به کار رود (Pirgaria, 2007).

بررسی استفاده از شربت سورگوم شیرین به عنوان...

نمونه‌های بیسکویت، با افزایش درصد استویوزید کاهش می‌یابد. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های بیسکویت حاکی از پذیرش بیشتر نمونه تهیه شده با ۵۰ درصد استویوزید است.

تولید فرآورده‌های آردی شیرین با شیرین‌کننده طبیعی و مغذی سورگوم شیرین می‌تواند اثر مثبتی روی سلامت جامعه داشته باشد. این شیرین‌کننده طبیعی به‌عنوان فرآورده‌ای جدید می‌تواند در حوزه تولید فرآورده‌های آردی برای عرضه به بازار قرار گیرد و راهی به سوی استفاده بهینه از سایر منابع قندی باشد. ترکیبات شیمیایی و میزان قند سورگوم بسته به رقم سورگوم و شرایط منطقه‌ای و اقلیمی، متفاوت است در این تحقیق شربت از یک رقم سورگوم شیرین تهیه و امکان مصرف آن به‌جای شکر در دو فرآورده مهم آردی، یعنی بیسکویت و نان قندی بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

مواد مورد استفاده شامل اسید بوریک، تیترازول، سود، سولفات پتاسیم، فروسیانور پتاسیم، بافر ۴، بافر ۷، فنل فتالئین، متیلن بلو، متیلرد، پرل شیشه‌ای و آب مقطر بودند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمون‌های شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. آرد نول، آرد ستاره، روغن قنادی، روغن مایع، بیکینگ پودر، بیکربنات آمونیوم، نمک، وانیل، مخمر نانواپی، تخم مرغ، دارچین، وانیل و شکر نیز از شرکت‌های تولیدی داخلی و بازارهای محلی تهیه شد. سورگوم شیرین (رقم KFS2) نیز در ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان کشت شد.

در تحقیقی به‌کارگیری شیرین‌کننده‌های با منشا گیاهی مانند شیرۀ انگور در محصولی مانند بیسکویت با مصرف مقادیر مختلف شیرۀ انگور به‌جای شکر بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد ویژگی‌های حسی بیسکویت تولید شده از عصارۀ انگور و شکر بهتر از ویژگی‌های حسی نمونه شاهد است و محصول تهیه شده با ۳۰ درصد شیرۀ انگور از مقبولیت بیشتری دارد و بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی بیسکویت، نسبت به شاهد، تاثیر معنی‌داری ندارد (Kinghorn et al., 2010).

مصباحی و همکاران (Mesbahi et al., 2016) در بررسی تاثیر شیرۀ خرما، به‌جای قندمایع، بر ویژگی‌های بیسکویت می‌گویند با کاهش مقدار ساکارز سفتی، انرژئی، فنریت و پیوستگی خمیر کاهش اما چسبندگی آن افزایش می‌یابد. این محققان با توجه به سایر ویژگی‌های کیفی و حسی نمونه‌های بیسکویت میزان جایگزینی ساکارز با قند مایع خرما را ۶۰ درصد و با شیرۀ خرما ۴۰ درصد گزارش کردند. همچنین بیان داشتند در درصدهای بالاتر کیفیت خمیر به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

وطن‌خواه و همکاران (Vatankhah et al., 2016) امکان تولید بیسکویت و نان قندی را با جایگزینی ساکارز با استویوزید در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ بررسی کردند و نشان دادند که با استفاده از استویوزید به‌جای شکر، اثر معنی‌داری روی درصد خاکستر، چربی و پروتئین بیسکویت ندارد، اما با افزایش درصد استویوزید در فرمولاسیون بیسکویت رطوبت و pH حصول به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. ضخامت نمونه‌ها بیشتر می‌شود و قطر و ضریب گسترش آنها کاهش پیدا می‌کند. سفتی بافت

روش‌ها

تهیه شربت غلیظ شده سورگوم شیرین

ساقه‌های تازه برداشت شده سورگوم در یک آسیاب غلتکی خرد و له و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۵-۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. محصول تا دمای ۴۰ درجه سلسیوس خنک و با الک با مش ۶۰ صاف شد. شفاف‌سازی بیشتر شربت (با جداسازی ترکیبات کلوئیدی لخته شده) توسط فیلتراسیون با نوعی کمک صافی (با نام تجاری Celite)، صورت گرفت. عصاره حاصل تحت خلأ با هم‌زدن یکنواخت و مداوم شربت تا درجه بریکس ۷۰-۶۹ درصد غلیظ شد (Mazumdar et al., 2012).

شربت سورگوم به دست آمده در مرحله بعد به عنوان جایگزین شکر در تهیه بیسکویت به کار برده شد. به این منظور در فرمولاسیون این محصولات نسبت‌های مختلفی از جایگزینی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) به کار رفت.

روش تهیه خمیر بیسکویت

به روش پیوسته تمام اجزای اصلی هم‌زمان و یک جا وارد مخلوط کن می‌شوند و کنترل با تغییر

سرعت مخلوط‌کن و زمان اختلاط صورت می‌گیرد. برای تهیه خمیر بیسکویت، ابتدا آرد و سایر مواد پودری شامل بیکینگ پودر، بی‌کربنات آمونیوم، نمک، شیرخشک، وانیل پس از وزن کردن به داخل کاسه همزن ریخته و با همزن برقی کاملاً مخلوط و یکنواخت شد. مواد مایع به کاسه همزن اضافه شد. ابتدا شورتنینگ افزوده و پس از آن شربت سورگوم شیرین و آب اضافه شد. از زمان اضافه شدن همه مواد در مخلوط‌کن به مدت ۳ تا ۵ دقیقه هم‌زدن با سرعت متوسط به کار انداخته شد تا خمیر بافت و استحکام لازم را پیدا کند. پس از تهیه خمیر، مرحله پهن کردن و قالب زنی بیسکویت دنبال شد. قطر خمیر در تمام نقاط یکنواخت و به اندازه ۲ میلی‌متر تنظیم شد. برای پخت از فر مدل Letto, NO:10 با چرخش هوای داغ در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس و مدت زمان ۲۰ دقیقه استفاده شد (Vatankhah et al., 2016). میزان شربت سورگوم پس از معادل سازی (مقدار ماده خشک مساوی شربت) و مقدار آب هم با محاسبه مقدار آبی که به همراه شربت وارد فرمول می‌شود، تهیه شد.

جدول ۱- مواد مورد استفاده (بر حسب گرم) در فرمولاسیون بیسکویت

مواد مورد استفاده	صفر	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی
آرد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
شکر	۳۰	۲۲/۵	۱۵	۷/۵	۰
شربت سورگوم	۰	۹/۷۵	۱۹/۵	۲۹/۲۵	۳۹
شورتنینگ	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
نمک	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱
شیر خشک	۸/۱	۸/۱	۸/۱	۸/۱	۸/۱
بیکینگ پودر	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰
بیکربنات آمونیوم	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰
آب	۳۰	۲۷/۷۵	۲۵/۵	۲۳/۲۵	۲۱
وانیل	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰

### تهیه نان قندی

ابتدا مواد خشک با هم مخلوط و پس از آن آب و سایر مواد اضافه شدند و همزدن تا رسیدن به خمیری مناسب ادامه یافت. عملیات همزدن از شروع اضافه کردن مواد تا خروج خمیر ۱۲ تا ۱۵ دقیقه به طول انجامید. به مدت ۴۵ دقیقه به خمیر استراحت داده شد. بعد از چانه‌گیری (به مدت ۱۵ دقیقه استراحت) چانه‌ها با وردنه و دست کاملاً مسطح شدند تا میانگین قطر در نقاط مختلف یکسان شود. عملیات پخت در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه دنبال شد (Yaghbani et al., 2016).

### آزمون‌های فیزیکی

#### اندازه‌گیری قطر

به منظور اندازه‌گیری قطر، شش بیسکوئیت به

صورت لب به لب کنار هم چیده شدند و با استفاده از کولیس قطر کلی آنها اندازه‌گیری شد. هر بیسکوئیت تا ۹۰ درجه چرخانده و مجدداً قطر آن اندازه‌گیری گردید و میانگین آنها به عنوان قطر بیسکوئیت گزارش شد (Yaghbani et al., 2016).

#### اندازه‌گیری ضخامت

برای اندازه‌گیری ضخامت، شش بیسکوئیت به طور تصادفی روی یکدیگر قرار داده شدند و با کولیس ضخامت آنها اندازه‌گیری شد. بار دیگر بیسکوئیت‌ها جابجا و مجدداً ضخامت اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه شد (Yaghbani et al., 2016).

#### ضریب گسترش

ضریب گسترش بیسکوئیت از نسبت قطر به ضخامت به دست آمد. این عمل شش بار تکرار شد (Vatankhah et al., 2016).

جدول ۲- مواد مورد استفاده (بر حسب گرم) در فرمولاسیون نان قندی

مواد مورد استفاده	صفر	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی	درصد جایگزینی
آرد	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
شکر	۱۷۵	۱۳۱/۲۵	۸۷/۵	۴۳/۷۵	۰
شربت سورگوم	۰	۵۰/۳۵	۶۵	۱۷۰/۶۲	۲۲۱
روغن مایع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
مخمر	۵	۵	۵	۵	۵
بیکربنات سدیم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
بهبود دهنده	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵
دارچین	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
آب	۱۵۰	۱۴۷/۷۵	۱۴۵/۵	۱۴۳/۲۵	۱۴۱
تخم مرغ	۱	۱	۱	۱	۱
وانیل	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳

### آزمون بافت سنجی

به منظور ارزیابی بافت بیسکوئیت از دستگاه بافت‌سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل

TA.XT plus، ساخت انگلستان) استفاده شد. نیروی لازم برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۱۲ میلی‌متر قطر و ۱۰ میلی‌متر ارتفاع) با سرعت ۱

ارزیاب انتخاب شدند. ارزیابی حسی در شرایط مشابه برای هر یک از ویژگی‌های نمونه (رنگ، طعم و مزه، عطر و بو، قابلیت جویدن و پذیرش کلی) با امتیاز بین ۱ تا ۵ بررسی شد (Krishnan et al., 2011).

### تجزیه و تحلیل آماری

نتایج در قالب طرح کامل تصادفی با پنج تیمار و در سه تکرار با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری شدند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی (ضخامت، قطر و ضریب گسترش): در جدول ۳ دیده می‌شود با افزایش درصد شربت سورگوم شیرین به جای شکر ضخامت بیسکوئیت از ۵/۳۲ میلی‌متر به ۶/۲۱ میلی‌متر افزایش، اما قطر بیسکوئیت از ۵۸/۱۴ میلی‌متر به ۵۶/۱۴ میلی‌متر کاهش پیدا کرده است. نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان می‌دهد این افزایش در ضخامت و کاهش قطر بیسکوئیت معنی‌دار است، به طوری که با افزایش درصد شربت سورگوم بالای ۵۰ درصد، تغییر معنی‌دار ویژگی‌های مذکور کاملاً مشهود است ( $P < 0.05$ ).

میلی‌متر در ثانیه به داخل بیسکوئیت محاسبه شد. این آزمون در فاصله زمانی سه ساعت پس از پخت بیسکوئیت و در دمای اتاق اجرا شد و پارامتر اندازه‌گیری شده در این آزمون، سفتی بافت بر حسب نیرو بود (Laguna et al., 2013).

### رنگ سنجی با استفاده از نرم افزار Image Processing

به منظور آنالیز رنگ بیسکوئیت، پس از پخت نمونه‌ها و سرد شدن آنها از هر یک از فرمولاسیون‌ها سه عدد به طور تصادفی برای عکس گرفتن انتخاب شد. اسکنر مدل HP Scanjet G 2710 مسطح متصل به یک دستگاه رایانه برای تصویربرداری از نمونه‌های بیسکوئیت استفاده شد. تصویرهای ذخیره شده، با نرم افزار پردازش تصویر (Image J, 1.44p) بررسی شدند. برای هر یک از مؤلفه‌های رنگی به دست آمده میانگین گرفته شد. در انتها با استفاده از پلاگین نرم افزار به شاخص‌های  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  تبدیل گردید (Schirmer et al., 2012).

### ارزیابی ویژگی‌های حسی

برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌ها، از روش هدونیک ۵ امتیازی (۱= نامطلوب، ۵= مطلوب) استفاده شد. برای این منظور، ۸ نفر بعد از آموزش‌های مقدماتی در مورد آزمون حسی به عنوان

جدول ۳- مقایسه میانگین ضخامت، قطر و ضریب گسترش نمونه‌های بیسکوئیت

ضریب گسترش	قطر (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	سهم شربت سورگوم (درصد)
۱۰/۹۲ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	۵۸/۱۴ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۵/۳۲ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۰
۱۰/۸۷ <sup>a</sup> ±۰/۵۱	۵۸/۱۶ <sup>a</sup> ±۰/۲۱	۵/۳۵ <sup>a</sup> ±۰/۰۲	۲۵
۱۰/۷۷ <sup>a</sup> ±۰/۴۲	۵۸/۱۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۵	۵/۴۰ <sup>a</sup> ±۰/۳۲	۵۰
۹/۵۲ <sup>b</sup> ±۰/۳۱	۵۶/۵۴ <sup>b</sup> ±۰/۳۱	۵/۹۳ <sup>b</sup> ±۰/۱۳	۷۵
۹/۰۲ <sup>c</sup> ±۰/۲۵	۵۶/۱۴ <sup>c</sup> ±۰/۱۱	۶/۲۱ <sup>c</sup> ±۰/۲۲	۱۰۰

\*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

و افزایش ضخامت در بیسکویت باشد (Savitha et al., 2008).

### حجم مخصوص

حجم مخصوص بیسکویت با افزایش درصد شربت سورگوم در فرمولاسیون بیسکویت کاهش اندکی پیدا کرده است. نتایج تحلیل واریانس حجم مخصوص نان قندی، اختلاف معنی داری را بین نمونه‌های مختلف نشان می‌دهد. آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد تغییر حجم در هر دو محصول در جایگزینی بالاتر از ۷۵ درصد معنی دار است ( $P < 0.05$ ). نان قندی ایرانی از گروه نان‌های مسطح است که به دلیل وجود شکر در فرمولاسیون آن افزایش حجمی به مراتب کمتر از حجم برخی محصولات نانویی مانند نان‌های باگت و کیک‌ها دارد (Vatankhah et al., 2016). حجم مخصوص بیسکویت با افزایش درصد شربت سورگوم در فرمولاسیون بیسکویت کاهش اندکی پیدا می‌کند. نتایج تحلیل واریانس حجم مخصوص نان قندی، اختلاف معنی داری را بین نمونه‌های مختلف نشان می‌دهد. به طور کلی بیسکویت‌ها و کوکی‌ها چگال‌تر از نان و کیک هستند، که اساساً به دلیل توسعه محدود گلوتن و تشکیل نشدن گاز قابل توجه در زمان اختلاط سبب توسعه محدود ساختار اسفنجی در خلال پخت این محصول می‌شود.

با توجه به افزایش ضخامت بیسکویت به موازات افزایش سهم شربت سورگوم، ضریب گسترش کاهش یافته است. کمترین ضریب گسترش کمترین ضریب گسترش (۹/۰۲) وقتی است که شربت سورگوم به میزان ۱۰۰ درصد جای شکر را گرفته است. شکر روی شکل برخی از محصولات اثر دارد و موجب خوابیدگی و پهن شدن محصول می‌شود. یکی از عامل‌های اصلی در شکل‌گیری شبکه گلوتن در آرد، آب‌گیری پروتئین‌های گندم بر اثر آب اضافه شده است. از آنجاکه شکر میل ترکیبی بالایی با آب دارد تأثیر محدود کننده‌ای بر تشکیل شبکه گلوتن نیز دارد، و بنابراین با افزایش درصد شکر در فرمولاسیون، توسعه شبکه گلوتن محدود می‌شود، خمیر زود پاره می‌شود و قابلیت کشش خود را از دست می‌دهد ولی شکل پذیری خود را حفظ می‌کند (Mesbahi et al., 2016).

کاهش شکر موجب افزایش جذب آب توسط گلوتن و توسعه بیشتر آن می‌شود و در نتیجه کشسانی (الاستیسته) خمیر بیشتر می‌شود که این امر موجب جمع شدن خمیر به هنگام غلتک‌زنی خواهد شد که در نتیجه ضخامت افزایش و قطر خمیر کاهش خواهد یافت.

کاهش ویسکوزیته خمیر بیسکویت با کاهش درصد شکر در فرمولاسیون می‌تواند دلیل کاهش قطر

جدول ۴- مقایسه میانگین حجم مخصوص نمونه‌های بیسکویت و نان قندی

سهم شربت سورگوم (درصد)	حجم مخصوص بیسکویت (سانتی متر مکعب بر گرم)	حجم مخصوص نان قندی (سانتی متر مکعب بر گرم)
۰	۱/۸۳۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۵	۲/۷۸۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۴
۲۵	۱/۸۲۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۲/۷۴۱ <sup>a</sup> ± ۰/۰۹
۵۰	۱/۸۰۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۷	۲/۶۸۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۷
۷۵	۱/۷۵۱ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۴	۲/۶۰۱ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۵
۱۰۰	۱/۶۹۴ <sup>b</sup> ± ۰/۰۶	۲/۵۲۱ <sup>b</sup> ± ۰/۰۶

\*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

### خصوصیات بافتی بیسکویت و نان قندی سفتی بافت

بیشینه نیروی لازم برای شکستن بیسکویت، سفتی بافت آن تعریف می شود. تحلیل واریانس داده‌ها نشان می‌دهد با افزایش درصد شربت سورگوم، از میزان سفتی بیسکویت و نان قندی کاسته می‌شود. این کاهش در غلظت‌های بالای ۵۰ درصد در بیسکویت و بالای ۷۵ درصد در نان قندی معنی دار است ( $P < 0/05$ ). در بین تیمارها، بیشترین میزان سفتی در بیسکویت با افزایش ۲۵ درصد شربت سورگوم (با مقدار عددی ۳۵/۲۴۶ نیوتن) و کمترین مقدار آن با افزایش ۱۰۰ درصد شربت سورگوم (با مقدار عددی ۳۰/۲۵۶ نیوتن) به‌دست آمده است. در نان قندی نیز بیشترین میزان سفتی با افزایش ۲۵ درصد شربت سورگوم (با مقدار عددی ۱۹۰/۳۵ نیوتن) و کمترین سفتی با افزایش ۱۰۰ درصد شربت سورگوم (با مقدار عددی ۱۷۳/۳۵ نیوتن) به‌دست آمده است. سختی بافت نسبت مستقیمی با بزرگی نیروی لازم دارد. ساکارز باعث افزایش دمای واسرشتی (داناتوراسیون) پروتئین‌ها و در نتیجه سبب افزایش ساختار نسبتاً سفت محصولات پخت می‌شود.

حجم مخصوص نان قندی بیشتر از حجم مخصوص بیسکویت است با این حال نان قندی ایرانی از گروه نان‌های مسطح است که به دلیل وجود شکر در فرمولاسیون آن سفتی بیشتری نسبت به سایر نان‌های مسطح دارد.

حجم محصولات نانوائی به واسطه ایجاد گاز بر اثر فعالیت مخمر عمل‌آوری بیولوژیکی، مواد شیمیایی مانند بیکینگ پودر عمل‌آوری شیمیایی و یا ورود گاز به خمیر در طی فرآیند اختلاط عمل‌آوری مکانیکی ایجاد می‌شود، که مورد اول برای بیسکویت صدق نمی‌کند، زیرا مخمر در فرمولاسیون آن استفاده نمی‌شود. پتانسیل تشکیل گاز در بیسکویت‌ها و کوکی‌ها به‌واسطه توسعه محدود ساختار گلوتن آن، محدود است.

کاهش حجم به‌هنگام حذف شکر ممکن است به دلیل کاهش پایداری خمیر در خلال حرارت دادن یا کاهش سرعت انتقال حرارت به دلیل کاهش در دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دمای واسرشتی (دنانوره شدن پروتئین‌ها) باشد که به گسترش ناکافی حباب‌های هوا در حین پخت و کاهش حجم خواهد انجامید (Yaghbani *et al.*, 2016).

جدول ۵- مقایسه میانگین سفتی نمونه‌های بیسکویت و نان قندی

سفتی نان قندی (نیوتن)	سفتی بیسکویت (نیوتن)	سهم شربت سورگوم (درصد)
۱۹۱/۳۵ <sup>a</sup> ±۵/۴	۳۵/۲۵۶ <sup>a</sup> ±۲/۷	۰
۱۹۰/۳۵ <sup>a</sup> ±۴/۲	۳۵/۲۴۶ <sup>a</sup> ±۲/۴	۲۵
۱۸۴/۳۵ <sup>a</sup> ±۳/۵	۳۴/۱۴۰ <sup>a</sup> ±۱/۵	۵۰
۱۷۸/۳۵ <sup>ab</sup> ±۲/۴	۳۱/۵۵۶ <sup>b</sup> ±۳/۷	۷۵
۱۷۳/۳۵ <sup>b</sup> ±۴/۲	۳۰/۲۵۶ <sup>b</sup> ±۱/۵	۱۰۰

\*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.



بافت نمونه حاوی شکر می‌دانند، این نتیجه‌گیری با نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق همسوست.

### ارزیابی شاخص‌های رنگ سنجی

رنگ بیسکویت و نان قندی با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ سنجی ( $L^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*$ ) ارزیابی شد. میانگین تغییرات شاخص‌های رنگ سنجی با آزمون آماری دانکن مقایسه شد (جدول‌های ۶ و ۷). نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان می‌دهد با افزایش درصد شربت سورگوم شیرین به‌جای شکر، شاخص روشنایی بیسکویت کاهش نشان می‌دهد با این توضیح که تا ۵۰ درصد سهم شربت سورگوم، این کاهش معنی‌دار نیست اما در مقادیر جایگزینی ۷۵ و ۱۰۰ درصد معنی‌دار است ( $P < 0.05$ ). میزان اولیه پارامتر روشنایی در نمونه فاقد شربت برابر با ۵۸/۱۲ است، با افزایش شربت سورگوم به‌خصوص بالای ۵۰ درصد، این پارامتر کاهش پیدا می‌کند و میزان آن برای نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شربت سورگوم به ۴۲/۳۹ می‌رسد. این روند کاهش برای پارامتر روشنایی نان قندی نیز مشاهده گردید و با افزایش درصد جایگزینی شربت سورگوم در فرمولاسیون، شاخص روشنایی نان قندی نیز کاهش معنی‌داری در مقادیر جایگزینی بالای ۵۰ درصد پیدا می‌کند. با افزایش جایگزینی شربت سورگوم به‌جای شکر در فرمولاسیون نان قندی از صفر تا ۱۰۰ درصد، شاخص روشنایی از ۵۲/۴۳ به ۳۹/۱۹ کاهش یافته‌است.

کاهش شکر می‌تواند موجب نرم‌تر شدن محصول گردد. از طرفی، تردی و سفتی محصولات نانوایی به‌واسطه مقدار رطوبتی آنها تغییر می‌کند به‌طوری که با افزایش مقدار رطوبت بافت محصول نرم‌تر خواهد شد. سختی بافت می‌تواند به‌دلیل توسعه محدود گلوتن باشد، گلوتن برای افزایش توسعه شبکه گلوتهنی باید با مولکول‌های آب واکنش دهد، اما شکر با واکنش زودتر با آب مانع از توسعه مناسب شبکه گلوتهنی می‌شود. در فرآیند سرد کردن پس از پخت، شکر ممکن است کریستاله شود که این امر نیز می‌تواند به سختی بافت کمک کند (Taylor et al., 2006). زولیاس و همکاران (Zoulias et al., 2000) نشان دادند اضافه کردن لاکتیتول، سوربیتول، زایلیتول و مانیتول به جای ساکارز موجب کاهش بیشینه نیرو و در نتیجه کاهش سفتی بافت کوکی می‌شود که دلیل این کاهش سفتی را در ارتباط با بافت خمیر دانستند. این محققان توسعه نیافتن مناسب شبکه گلوتهن خمیر را دخالت شکر در جذب آب و نیز بلوری شدن (کریستالیزاسیون) شکر پس از سرد شدن را عامل سفتی بافت نمونه شاهد ذکر کردند. پریست و همکاران (Pareyt et al., 2009) می‌گویند با کاهش میزان شکر در خمیر کوکی سفتی بافت آن کاهش می‌یابد. این محققان توسعه نیافتگی مناسب شبکه گلوتهن را در جذب آب و بلوری شدن شکر پس از سرد شدن را عامل سفتی

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های رنگ‌سنجی نمونه‌های بیسکویت

L*	a*	b*	سهم شربت سورگوم (درصد)
۵۸/۱۲ <sup>a</sup> ±۲/۵۱	۷/۱۵ <sup>a</sup> ±۰/۳	۲۳/۴۵ <sup>a</sup> ±۰/۸	۰
۵۷/۲۵ <sup>a</sup> ±۱/۷	۸/۳۵ <sup>a</sup> ±۰/۴	۲۲/۲۵۶ <sup>a</sup> ±۲/۷	۲۵
۵۵/۴۶ <sup>a</sup> ±۲/۱	۱۰/۳۵ <sup>b</sup> ±۱/۷	۲۰/۲۵۶ <sup>a</sup> ±۱/۴	۵۰
۴۷/۶۱ <sup>b</sup> ±۲/۷	۲۰/۳۵ <sup>c</sup> ±۱/۴	۱۵/۲۵۶ <sup>b</sup> ±۲/۲	۷۵
۴۲/۳۹ <sup>c</sup> ±۲/۳	۲۹/۵ <sup>d</sup> ±۲	۱۲/۲۵۶ <sup>c</sup> ±۲/۵	۱۰۰

\*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

درصد نسبت به نمونه فاقد شربت، معنی دار نشان می‌دهد. میانگین شاخص قرمزی برای نمونه فاقد شربت سورگوم برای بیسکویت و نان قندی به ترتیب ۷/۱۵ و ۳/۸۱ است.

با افزایش شربت سورگوم شیرین تا میزان ۱۰۰ درصد، این شاخص برای بیسکویت و نان قندی به ترتیب به ۲۹/۵ و ۲۷/۵ افزایش پیدا کرده است (جدول‌های ۶ و ۷).

نتایج به دست آمده از تحلیل واریانس تغییرات مقادیر شاخص قرمزی نشان می‌دهد که با افزایش سهم شربت سورگوم در فرمولاسیون بیسکویت و نان قندی، این شاخص افزایش معنی‌داری پیدا کرده است ( $P < 0/05$ ). به عبارت دیگر با افزایش میزان شربت سورگوم در بیسکویت و نان قندی ارزش رنگ قرمز نمونه‌ها افزایش یافته است. آزمون مقایسه میانگین‌ها این افزایش را در مقادیر ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های رنگ‌سنجی نمونه‌های نان قندی

L*	a*	b*	سهم شربت سورگوم (درصد)
۵۲/۴۳ <sup>a</sup> ±۱/۵۱	۳/۸۱ <sup>a</sup> ±۰/۷۳	۱۶/۲۸ <sup>a</sup> ±۰/۶	۰
۵۱/۲۵ <sup>a</sup> ±۱/۷	۵/۳۵ <sup>a</sup> ±۰/۹	۱۷/۴۵ <sup>a</sup> ±۱/۸	۲۵
۵۰/۳۶ <sup>a</sup> ±۳/۱	۸/۳۵ <sup>b</sup> ±۱/۷	۱۵/۲۵۶ <sup>a</sup> ±۲/۴	۵۰
۴۲/۷۱ <sup>b</sup> ±۲/۷	۱۶/۳۵ <sup>c</sup> ±۱/۶	۱۱/۲۵۶ <sup>b</sup> ±۳/۱	۷۵
۳۹/۱۹ <sup>c</sup> ±۲/۴	۲۷/۵ <sup>d</sup> ±۲/۳	۹/۲۵۶ <sup>c</sup> ±۱/۲	۱۰۰

\* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

مطلق) تا ۱۲۰ (قرمز مطلق) قرار دارد. شاخص  $b^*$  نشان دهنده رنگ آبی تا زرد است و از لحاظ عددی در بازه آبی مطلق (۱۲۰-) تا زرد مطلق (۱۲۰) قرار دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش شربت سورگوم، روشنایی کم‌تر می‌شود که دلیل آن واکنش قهوه‌ای شدن و نیز رنگ شربت است.

عوامل مختلفی بر رنگ تأثیر می‌گذارند که می‌توان به رطوبت، شدت واکنش‌های میلارد و وجود ترکیبات رنگی در شربت سورگوم اشاره کرد. تغییرات رنگ بیسکویت و نان قندی و سایر محصولات نانوايي در فرایند پخت ناشی از واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی یا واکنش میلارد است. در واکنش میلارد، قندهای احیاکننده به‌ویژه فروکتوز، گلوکز و لاکتوز با آمینواسیدها و پپتیدها واکنش می‌دهند. در اثر این واکنش، ترکیبی انحلال‌ناپذیر و هضم‌ناپذیر به نام

نتایج حاصل از تحلیل واریانس تغییرات مقادیر شاخص زردی نشان می‌دهد با افزایش درصد شربت سورگوم در فرمولاسیون بیسکویت، شاخص زردی کاهش معنی‌داری پیدا کرده است ( $P < 0/05$ ) که در نان قندی نیز مشاهده می‌شود. با افزایش سهم شربت سورگوم، میانگین شاخص زردی برای بیسکویت و نان قندی به ترتیب از ۲۳/۴۵ و ۱۶/۲۸ به ۱۲/۲۵ و ۹/۲۵ کاهش پیدا کرده است.

با افزایش درصد شربت سورگوم، شاخص  $a^*$  افزایش و شاخص‌های  $b^*$  و  $L^*$  کاهش یافته است. شاخص  $L^*$  بیانگر روشنایی است و مقدار آن در محدوده صفر تا صد قرار دارد، هرچه مقدار این شاخص به صد نزدیک‌تر باشد نشان دهنده روشن‌تر بودن رنگ است. شاخص  $a^*$  نشانه سبزی تا قرمزی است و از نظر عددی در محدوده ۱۲۰- (سبز

نمونه‌های بیسکویت و نان قندی در جدول‌های ۸ و ۹ نشان می‌دهد که حذف کامل شکر و اضافه کردن شربت سورگوم شیرین نتایج به‌دست می‌دهد که اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها دارد ( $P < 0/05$ ) ضمن آنکه مقبولیت کمتری هم به‌بار می‌آورد. تحلیل واریانس نتایج ویژگی طعم و مزه نمونه‌های بیسکویت نشان می‌دهد نمونه با ۵۰ درصد جایگزینی شربت سورگوم، بالاترین امتیاز (۴/۳) را به‌دست می‌دهد و حتی از نمونه حاوی شکر خالص نیز امتیاز بالاتری کسب می‌کند هر چند این اختلاف معنی‌دار نیست ( $P < 0/05$ ).

میانگین امتیاز عطر و بوی نمونه‌ها نشان می‌دهد با اضافه شدن شربت سورگوم به میزان ۷۵ درصد، اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها ایجاد نمی‌شود و کمترین امتیاز در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شربت سورگوم دیده می‌شود. از نظر امتیاز رنگ، با افزایش شربت سورگوم به میزان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد، این ویژگی به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد که در واقع تاییدی بر آزمون کمی رنگ نیز هست.

ملانوئیدین که قهوه‌ای رنگ و آروماتیک است به وجود می‌آید. این واکنش غیرآنزیمی، در اثر عواملی چون افزایش دما، قندهای مونوساکارید، به ویژه فروکتوز، تسریع می‌شود.

فالول و همکاران (Fahloul *et al.*, 2010) در بررسی تولید بیسکویت با پودر خرما گزارش دادند با افزایش نسبت‌های پودر خرما، تیرگی محصول شاخص‌های  $L^*$  و  $a^*$  افزایش پیدا می‌کند ولی در میزان زردی تغییر معنی‌داری دیده نمی‌شود که با نتایج این تحقیق هم‌راستا است. السنین و همکاران (Alsenaieni *et al.*, 2015) نیز در پژوهشی مشابه روی محصولات آردی بیسکویت و کلوچه با اضافه کردن شیره خرما به‌جای شکر، افزایش قرمزی و کاهش زردی و سرانجام تیرگی رنگ محصول نهایی را گزارش کردند که تاییدی بر نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق است.

### ارزیابی حسی بیسکویت و نان قندی

#### ارزیابی حسی بیسکوئیت

نتایج مطالعه حسی ویژگی‌های رنگ، ظاهر، عطر و طعم، سفتی، تخلخل، بافت و پذیرش کلی

جدول ۸- ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های بیسکویت

سهم (درصد)	طعم و مزه	عطر و بو	رنگ	قابلیت جویدن	پذیرش کلی
۰	۴/۱ <sup>a</sup> ±۰/۱	۴/۲۱ <sup>a</sup> ±۰/۲۴	۴/۳۲ <sup>a</sup> ±۰/۳۶	۳/۸۱ <sup>a</sup> ±۰/۵۲	۴/۲۰ <sup>a</sup> ±۰/۱
۲۵	۴/۲ <sup>a</sup> ±۰/۲۵	۴/۲۱ <sup>a</sup> ±۰/۳۱	۴/۱۲ <sup>a</sup> ±۰/۱۷	۳/۹۱ <sup>a</sup> ±۰/۲۶	۴/۱۵ <sup>a</sup> ±۰/۲۵
۵۰	۴/۳ <sup>a</sup> ±۰/۳۲	۴/۱ <sup>a</sup> ±۰/۴	۴/۱ <sup>b</sup> ±۰/۴	۳/۸۴ <sup>a</sup> ±۰/۴۴	۴/۳۳ <sup>a</sup> ±۰/۱۴
۷۵	۳/۹ <sup>b</sup> ±۰/۴۱	۳/۸ <sup>ab</sup> ±۰/۲۵	۳/۴ <sup>c</sup> ±۰/۳۶	۳/۸ <sup>a</sup> ±۰/۲۱	۳/۸۷ <sup>b</sup> ±۰/۳۲
۱۰۰	۳/۷ <sup>b</sup> ±۰/۱۵	۳/۷ <sup>b</sup> ±۰/۳۰	۳/۳ <sup>c</sup> ±۰/۴۱	۳/۵ <sup>b</sup> ±۰/۳	۳/۶۹ <sup>b</sup> ±۰/۲۱

\* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

شکر و ۵۰ درصد شربت سورگوم به لحاظ بافتی با نمونه‌های دارای ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد شکر اختلاف معنی‌داری ندارد ( $P < 0/05$ ). به‌طور کلی، با افزایش

از نظر ویژگی بافت و قابلیت جویدن نیز نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شربت سورگوم کمترین امتیاز بافت را از نظر ارزیاب‌ها دارد. نمونه حاوی ۵۰ درصد

از پروتئین‌ها در واکنش میلارد ترکیب می‌شوند. این واکنش در خلال پخت به تشکیل رنگ‌های قهوه‌ای در سطح محصولات می‌انجامد. بنابراین، حد متعادلی از شکر در فرمولاسیون فرآورده‌های آردی می‌تواند علاوه بر حفظ رنگ قهوه‌ای مطلوب و مشتری‌پسند، از تیره شدن بیش از حد و کاهش ارزش تغذیه‌ای محصولات غله‌ای جلوگیری کند (Hamze Louie et al., 2008).

شربت سورگوم بافت حالت سفت‌تری به خود می‌گیرد. از نظر پذیرش کلی نیز بیسکویت‌های تهیه شده با ۵۰ درصد شکر و ۵۰ درصد شربت سورگوم بیشترین پذیرش را از سوی ارزیاب‌ها به‌دست آورده‌اند. نتایج بررسی‌های مرتبط با رنگ نشان می‌دهد برای کمک به تشکیل رنگ سطح در حین پخت، تنها قندهای احیاکننده قادر به ایجاد این واکنش هستند. در جریان پخت بیسکویت، قندهای احیاکننده گلوکز و فروکتوز با اسیدهای آمینه حاصل

جدول ۹- ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان قندی

سهم (درصد)	طعم و مزه	عطر و بو	رنگ	قابلیت جویدن	پذیرش کلی
۰	۴/۱۲ <sup>a</sup> ±۰/۵	۴/۲۳ <sup>a</sup> ±۰/۱۵	۳/۹۵ <sup>a</sup> ±۰/۳۴	۳/۸۶ <sup>a</sup> ±۰/۳	۴/۱۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۱
۲۵	۴/۱ <sup>a</sup> ±۰/۳۵	۴/۱ <sup>a</sup> ±۰/۲۴	۳/۹۰ <sup>a</sup> ±۰/۴۱	۳/۸۰ <sup>a</sup> ±۰/۲۳	۴/۰۵ <sup>a</sup> ±۰/۱۷
۵۰	۴/۱۱ <sup>a</sup> ±۰/۱۲	۴/۱۲ <sup>a</sup> ±۰/۳۲	۳/۸۶ <sup>a</sup> ±۰/۶	۳/۷۶ <sup>a</sup> ±۰/۵	۴/۱ <sup>a</sup> ±۰/۲
۷۵	۳/۸ <sup>b</sup> ±۰/۴۴	۳/۶ <sup>b</sup> ±۰/۵۵	۳/۶۱ <sup>b</sup> ±۰/۲۱	۳/۷ <sup>a</sup> ±۰/۶۲	۳/۷۴ <sup>b</sup> ±۰/۲۵
۱۰۰	۳/۷۱ <sup>b</sup> ±۰/۲۱	۳/۴ <sup>c</sup> ±۰/۴۱	۳/۳۵ <sup>c</sup> ±۰/۲۱	۳/۶ <sup>b</sup> ±۰/۲۴	۳/۳۸ <sup>c</sup> ±۰/۱۵

\* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد است.

قندی امتیاز آن ویژگی نیز کاهش می‌یابد. بیشترین و کمترین امتیاز به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شکر و ۱۰۰ درصد شربت سورگوم است. امتیاز رنگ با افزایش شربت سورگوم به میزان ۷۵ و ۱۰۰ درصد به طور معنی‌دار کاهش یافته که در واقع تاییدی بر آزمون کمی رنگ نیز هست.

نتایج تحلیل واریانس امتیازهای پذیرش کلی نان قندی نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین پذیرش کلی نمونه‌های نان قندی وجود دارد ( $P < 0/05$ ). وجود شکر می‌تواند عطر و طعم مطلوبی در فرآورده‌های نانوایی ایجاد کند که فقدان آن ممکن است دلیل کاهش امتیاز عطر و بو در نمونه فاقد شکر باشد (Laguna et al., 2013). به طور کلی، نتایج ارزیابی حسی نشان می‌دهد با بالا رفتن درصد شربت سورگوم، پذیرش کلی نمونه‌های بیسکویت و نان

### ارزیابی حسی نان قندی

نتایج تحلیل واریانس داده‌های ارزیابی حسی نان قندی نشان می‌دهد بین امتیازهای طعم و مزه نمونه‌ها تا ۵۰ درصد افزایش شربت سورگوم به‌جای شکر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود و نمونه‌ها با ۵۰ درصد شکر و ۵۰ درصد شربت سورگوم طعم و مزه بالاتری نسبت به سایر تیمارها دارند. امتیاز بافت و قابلیت جویدن نمونه‌ها با اضافه کردن شربت سورگوم بیش از ۵۰ درصد، کاهش می‌یابد و نمونه‌ها سفت‌تر می‌شوند که با نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات حجم و آنالیز دستگامی بافت نیز همسوست. نتایج تجزیه واریانس عطر و بوی نان قندی حاکی از اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌هاست و روندی مشابه با آنچه برای بیسکویت گفته شد نشان می‌دهد به طوری که با کاهش درصد شکر در فرمولاسیون نان

قندی کاسته می‌شود.

نیز نشان می‌دهد نمونه‌های بیسکویت و نان قندی حاوی ۱۰۰ درصد شربت سورگوم کمترین امتیاز و نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شربت سورگوم بیشترین امتیاز را از نظر رنگ، عطر طعم، بافت و پذیرش کلی کسب کرده‌اند. بر اساس نتایج به دست آمده، شربت سورگوم قابلیت آن را دارد تا به جای ۵۰ درصد میزان شکر در فرمولاسیون بیسکویت و نان قندی به کار رود بدون اینکه تغییر معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد ایجاد گردد. شربت سورگوم شیرین می‌تواند به جای شکر در محصولات آردی در مصارف خانگی و صنعتی قابل پیشنهاد باشد.

### نتیجه‌گیری

مصرف بیش از ۵۰ درصد شربت سورگوم به جای شکر موجب کاهش ضریب گسترش، افزایش ضخامت بیسکویت، کاهش میزان روشنایی و زردی و افزایش شدت قرمزی رنگ نمونه‌های بیسکویت و نان قندی می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد نمونه‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد شربت سورگوم، نسبت به نمونه شاهد، به طور معنی‌داری حجم کمتر و سفتی بیشتری دارند. آزمون ارزیابی حسی

### قدردانی

این پژوهش با همکاری و حمایت‌های مالی دانشگاه علوم پزشکی استان گلستان واحد مرکز تحقیقات سلامت غلات و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان اجرا شده که نویسندگان مراتب قدردانی و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

### مراجع

- Almodares, A. 2015. Sugar replacement with natural sugar produced from sweet sorghum. Proceeding of the First Scientific Conference of Science and Food Industry of Iran. 16 October 2015. Tehran, Iran. 124-130. (in Persian).
- Alsenaien, W., Alamer, A., Zhen-Xing Tang, R., Albahrani, A., Al-Ghannam, S. A., and Aleid, S. M. 2015. Substitution of sugar with dates powder and dates syrup in cookies making. Advance Journal of Food Science and Technology. 8(1):8-13.
- Fahloul, D., Abdedaim, M., and Trystram, G. 2010. Heat mass transfer and physical properties of biscuits enriched with date powder. Journal of Applied Sciences Research. 6(11): 1680-1686.
- Hamze Louie, M., Mirzaei, H., and Ghorbani, M. 2008. The effects of the replacement of stevia sweeteners instead of sugar in the physico-chemical and organoleptic properties of biscuits. Master's Thesis. Golestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (in Persian).
- Kinghorn, A.D., Chin, Y.W., Pan, L. and Jia, Z., 2010. Natural products as sweetner and sweetness modifiers. In: H.-W. Liu and L. Mander (Eds.), Comprehensive Natural Products II (pp. 269–315). Oxford: Elsevier.

- Krishnan, R., Dharmaraj, U., Manohar, R. S., and Malleshi, N. G. 2011. Quality characteristics of biscuits prepared from finger millet seed coat based composite flour. *Food Chemistry*. 129(2): 499-506.
- Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., and Fiszman, S. 2013. A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International*. 51(2): 544- 553.
- McLaren, J.S., Lakey, N., and Osborne, J. 2003. Sorghum as a bio-resources platform for future renewable resources. *Proceedings 57<sup>th</sup> Corn and Sorghum Research Conference American Seed Trade Association*. Alexandria, VA. USA.
- Mazumdar, D., Poshadri, A., and Srinivasa, P. 2012. Innovation use of Sweet sorghum juice in the beverage industry. *International Food Research Journal*. 19(4): 1361-1366.
- Mesbahi, G.h., Mansouri, H., Majzoobi, M., and Farahnaky, A. 2016. Effect of sucrose replacement with date syrup and date liquid sugar on rheological properties of biscuit dough. *Journal of Food Science and Technology*. 58(13): 45-55. (in Persian).
- Nourmohammadi, A., and Peyghambaroust, S.H. 2011. Feasibility study of low-calorie cake repairation with erythritol and oligo-fructose. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*. 7(1):85-92. (in Persian).
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., and Delcour, J. A. 2009. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*. 90(3): 400-408
- Pirgaria, E. 2007. Sweet Sorghum–natural sweetner for foods. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 3(131). 57-62.
- Poorkazem, A. 2009. Effect of different sowing techniques on Sorghum. *Science Ecology Agricultural Farmer's Journal*. 17(204): 40-47. (in Persian).
- Savitha, Y.S., Indrani, D., and Prakash, J. 2008. Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of soft dough biscuits. *Journal of Texture Studies*. 39(6): 605-616.
- Schirmer, M., Jekle, M., Arendt, E., and Becker, T. 2012. Physicochemical interactions of polydextrose for sucrose replacement in pound cake. *Food Research International*. 48(1): 291-298.
- Taylor, J. R. N., Schober, T. J., Bean, S. R. 2006. Novel food and non-food uses for sweet sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*. 44 (3): 252-271.
- Vatankhah, M., Elhami Rad, A.H, Yaghbani, M., Nadian, N., and Akbarian meymand, M. 2016. Study of possibility low calorie biscuit production by using stevioside sweetener. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 2 (3):157-170. (in Persian).
- Yaghbani, M., Sheykhhol-Eslami, Z., and Davodi, M. 2016. Study on possibility of sucrose replacement by Stevia sweetener in bakery products. *Final Research Report*. Agricultural Engineering Research Institute Publications. No. 52396. (in Persian).

بررسی استفاده از شربت سورگوم شیرین به عنوان...

Zoulias, E. L., Piknis, S., Oreopoulou, V. 2000. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal Science Food Agriculture*. 80(14): 2049-2056.

## Study of the Use of Sweet Sorghum Syrup as a Sugar Substitute in the Formulation of Biscuit and Sweet Bread

J. Mohamadzadeh\*, J. Zanganeh and A. R. Saberi

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran. Email: jmohamadzadeh@yahoo.com

Received: 21 January 2019, Accepted: 16 March 2019

### Abstract

The use of natural compounds, especially sweeteners, in flour products is of particular importance. Sorghum syrup as a nutritious natural sweetener can be a good substitute for sugar, especially in biscuits and sweet breads. In this research, possibility of sugar replacement by sweet sorghum syrup (KFS2 cultivar cultivated at Gorgan research station) in two bakery products, bis and sweet bread, was studied. For this purpose, different levels of sugar replacement with sweet sorghum syrup (0, 25, 50, 75 and 100%) were used. Physico-chemical properties, sensory test and color measurement were evaluated. The results showed that adding more than 50% of sorghum syrup, instead of sugar, reduced spread factor, increased thickness value, decreased lightness and yellowness, and increased redness of the biscuits and sweet bread. The results also showed that samples containing 75 and 100% of sorghum syrup had significantly ( $p < 0.05$ ) less volume and rigidity than those of control sample. The sensory evaluation test also showed that samples of biscuits and sweet breads containing 100% of sorghum syrup had the lowest score and samples containing up to 50% of sorghum syrup gained the highest score in terms of color, flavor, texture and overall acceptance ( $p < 0.05$ ). Based on the results, sorghum syrup can be replaced, up to 50 %, with sugar in biscuits and sweet bread formula without any significant change, compared to the control sample.

**Key words:** Natural Sweetener, Flour products, Low sugar