ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمانشاه

Progress and development of Kermanshah province

Online ISSN
ISSN - 2783-0713

Preparation of functional and low-calorie Nan-e berenji

Yasser Shahbazi
Faculty of Veterinary Medicine, Razi University, Kermanshah, Iran.
(Corresponding Author). yasser.shahbazi@yahoo.com

Nassim Shavisi
Faculty of Veterinary Medicine, Razi University, Kermanshah, Iran.
nassim.shavisi@yahoo.com

Negin Karami
Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.
neginkarami87@gmail.com

Abstract

In the current study, the possibility of preparing Nan-e berenji enriched with inulin as a functional compound was investigated and the effect of replacing sucralose and isomalt sweeteners as sugar substitutes on the microbial, physical, and chemical characteristics of Nan-e berenji was evaluated. Nan-e berenji samples were prepared with similar formulation and cooking method, the only difference being the type of sweeteners and prebiotic utilized. In the Nan-e berenji formulation of the control group, 9 kg rice flour, 1.125 kg oil, 500 g shortening oil, 13 eggs, 1.25 g saffron, 3 kg sugar and 500 ml water were used. To prepare Nan-e berenji without sugar, by reducing the amount of sugar to 70%, 129 g sucralose and 2.7 g isomalt were replaced. 1% inulin was added to the Nan-e berenji as a functional compound. Microbial properties including, the total microbial count, Enterobacteriaceae, coagulase-positive Staphylococcus aureus, and molds/yeasts, along with physico-chemical characteristics including, moisture, fat, protein, sugar, and acid-insoluble ash, were evaluated. The results of this experiment indicated that by using a mixture of sucralose and isomalt and incorporating inulin as a functional compound, it is possible to replace 70% of the amount of sugar used in the formulation of Nan-e berenji, without adverse effect on the microbial, physical, and chemical properties of the product.

Keywords: low calorie Nan-e berenji, sucralose, isomalt

Progress and development of Kermanshah province
Kermanshah Management and Planning Organization, 2026, Vol. 4, No. 4 pp 62-77.
Received: 17/07/2024- **Accepted:** 15/06/2026

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمانشاه

پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه

شاپا الکترونیکی
ISSN – ۲۷۸۳-۰۷۱۳

تولید نان برنجی فراسودمند و کم کالری

یاسر شهبازی
دانشکده دامپزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
(نویسنده مسئول) yasser.shahbazi@yahoo.com.
نسیم شاویسی
دانشکده دامپزشکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
nassim.shavisi@yahoo.com
نگین کرمی
دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
neginkarami87@gmail.com

چکیده

در این تحقیق امکان تولید نان برنجی رژیمی غنی‌شده با استفاده از اینولین به عنوان یک محصول فراسودمند مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر جایگزینی شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و ایزومالت به عنوان جایگزین قند بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی نان برنجی ارزیابی گردید. نمونه‌های نان برنجی با فرمولاسیون و روش پخت مشابه که تنها اختلاف آن‌ها در نوع شیرین‌کننده و پری-بیوتیک مورداستفاده بود، آماده شدند. در فرمولاسیون نان برنجی گروه شاهد، ۹ kg آرد برنج، ۱/۱۲۵ kg روغن، ۵۰۰ g روغن صاف قنادی یا شورتنینگ، ۱۳ عدد تخم مرغ، ۱/۲۵ g زعفران، ۳ kg شکر و ۵۰۰ ml آب به‌کار رفت. به منظور تهیه نان‌برنجی بدون قند، با کاهش میزان قند تا ۷۰٪، مقدار ۱۲۹ g سوکرالوز و ۷/۲ g ایزومالت جایگزین شد. اینولین ۱٪ به عنوان ترکیب فراسودمند به نان برنجی اضافه گردید. ویژگی‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه، استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت، کپک و مخمر و فیزیکی-شیمیایی شامل رطوبت، چربی، پروتئین، قند و خاکستر نامحلول در اسید مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، با استفاده از مخلوط سوکرالوز و ایزومالت و افزودن اینولین به عنوان ترکیب فراسودمند می‌توان تا ۷۰٪ میزان شکر مصرفی را در فرمولاسیون شیرینی رژیمی نان برنجی جایگزین نمود، بدون آنکه تاثیر نامطلوبی روی خواص میکروبی، فیزیکی و شیمیایی محصول داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: نان برنجی کم کالری، ایزومالت، سوکرالوز، اینولین

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه
فصلنامه پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه، دوره۴، شماره ۴ ، ص ۷۷-۶۲
تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۴/۲۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

۱- مقدمه

مصرف مداوم و طولانی‌مدت شیرینی و فرآورده‌های قنادی به‌دلیل انرژی و کالری بالا و وجود مقادیر زیاد شکر و چربی در فرمول آنها موجب بروز بیماری‌هایی نظیر چاقی، دیابت، قلبی- عروقی و فشار خون می‌شود. ساکارز یک ترکیب کلیدی در تهیه انواع فرآورده‌های قنادی است، که دارای خواص عملکردی ویژه از جمله شیرین‌کنندگی، جلوگیری از کلوخه‌ای‌شدن در هنگام مخلوط‌کردن مواد فرمولاسیون و قابلیت جذب آب بالا می‌باشد. ایجاد کیفیت مناسب در فرآورده‌های رژیمی بدون استفاده از خواص عملکردی ساکارز امری دشوار است. لذا، در طی سال‌های اخیر استفاده از جایگزین شیرین‌کننده‌های سنتزی، غیرسمی و با شیرینی بیشتر از ساکارز که توسط سازمان بهداشت جهانی و غذا و کشاورزی به‌عنوان یک ترکیب ایمن شناخته شده‌اند، مورد توجه قرار گرفته است (قندهاری یزدی و همکاران، ۱۳۹۲).

از آنجایی که شیرین‌کننده‌های قوی مصنوعی قادر به تأمین تمامی ویژگی‌های کاربردی ساکارز نمی‌باشند، می‌توان از ترکیباتی مانند قندهای الکلی به‌عنوان عامل شیرین‌کننده، پرکننده و بافت‌دهنده در فرمولاسیون‌های فرآورده‌های قنادی استفاده نمود. قندهای الکلی یا پلی‌ال‌ها نوعی از شیرین‌کننده‌ها هستند که در مواد غذایی کم کالری کاربرد دارند. این قندها به‌طور ناقص جذب و متابولیزه می‌شوند و تفاوت‌شان با دیگر شیرین‌کننده‌های کم کالری در مغذی‌بودن آنها است. قندهای الکلی علاوه بر شیرین‌کردن، فعالیت‌های دیگری مانند افزایش حجم و بافت، تولید طعمی با اثر خنک‌کنندگی، جلوگیری از واکنش قهوه‌ای‌شدن به هنگام حرارت‌دادن و حفظ رطوبت در مواد غذایی را نیز دارند (لو[1] و همکاران، ۲۰۱۹). سوکرالوز (۱، ۶- دی‌کلرو، ۱، ۶- دی‌دئوکسی- بتا دی- فورانوزیل-۴-کلرو- دئوکسی-آلفا- دی‌گالاکتوپیرانوزید) تنها شیرین‌کننده‌ای است که توسط کلره‌کردن انتخابی ساکارز در سه گروه هیدروکسیل اولیه تولید می‌شود و شامل وارونگی ترکیب کربن ۴ از گلوکز به گالاکتوز است. سوکرالوز طعمی مانند شکر دارد ولی مانند آن در بدن متابولیزه نمی‌شود و بدون تغییر از بدن دفع می‌شود. میزان دریافتی قابل‌قبول سوکرالوز طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۰۲ صفر تا ۱۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز است. میزان شیرین‌کنندگی سوکرالوز نسبت به شکر ۸۰۰-۴۰۰ برابر، مقاوم در برابر حرارت و میزان کالری تولیدی آن پس از مصرف‌کردن صفر است (جلی و همکاران، ۱۳۹۲). ایزومالت از شکر طبیعی استخراج می‌شود و علاوه بر خاصیت شیرین‌کنندگی و عملکردی، حجم‌دهنده رژیمی است و از نظر عملکرد مشابه ساکارز است. شیرینی ایزومالت بین ۰/۴۵ و ۰/۶ در مقایسه با ساکارز است، در سیستم گوارشی تنها ۵۰ درصد آن متابولیزه شده و انرژی معادل ۲ کیلوکالری بر گرم فراهم می‌کند. ایزومالت در برابر حرارت مقاوم و انحلال پذیری آن کم است و توان پایینی در جذب رطوبت دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که ایزومالت به جای ایجاد تغییرات محسوس در قند و انسولین خون وارد سوخت و ساز بدن می‌شود و در نتیجه افزودن آن به رژیم غذایی مبتلایان به دیابت مناسب است (عمادزاده[2] و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه آگاهی عموم مردم از تأثیر تغذیه مناسب بر سلامتی افزایش یافته است، لذا توجه تولیدکنندگان مواد غذایی بر تولید محصولات فراسودمند با ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های

1. Luo
2. Emadzadeh

سلامتی‌بخش معطوف شده است. اینولین ترکیب پری‌بیوتیکی است که در گیاهان خوراکی متعددی وجود دارد. این ترکیب پلی‌ساکارید غیرقابل هضم بوده و به‌عنوان فیبر رژیمی طبقه‌بندی شده است. اینولین پلیمری غیرمنشعب از فروکتان است که تعداد واحدهای فروکتوز در این زنجیره‌ها معمولاً بین ۲ تا ۶۰ واحد است. این ماده پودری سفیدرنگ، بی‌بو، قابل‌حل، با کمی مزه شیرین و بدون هیچ پس‌طعمی است. اینولین به‌عنوان فیبر غذایی قابل‌تخمیر و غیرقابل هضم ضمن بهبود عملکرد روده دارای نقش بیفیدوژنیک و پری‌بیوتیک است و علاوه بر افزایش جذب کلسیم سبب کاهش تری‌گلیسیریدها می‌شود و هر گرم آن حدود ۱/۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند. البته باید توجه شود که مصرف زیاد اینولین ممکن است سبب نفخ و دردهای شکمی گردد. اینولین در طبیعت به‌صورت کربوهیدرات ذخیره‌ای در گیاهان و پلی‌ساکاریدهای خارج‌سلولی در برخی میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شود (آیدو[1] و همکاران، ۲۰۱۴). بر اساس اطلاعات محققین، تاکنون پژوهشی روی تولید نان‌برنجی کم کالری غنی‌شده صورت نگرفته است. با توجه به مصرف بالای این شیرینی در سطح استان و کشور و با ذکر این نکته که این شیرینی حاوی مقدار زیادی ساکارز است و ساکارز نیز علاوه بر ایجاد طعم مطلوب شیرین، خواص عملکردی مهمی را در فرآورده‌های غذایی ایجاد می‌کند، به‌دست آوردن فرمولاسیون‌های رژیمی با کمک جایگزین شکر با شیرین‌کننده‌های ایمن کم کالری برای این دسته از مواد غذایی امری ضروری به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر، افزایش آگاهی عموم مردم در مورد سلامتی و تغذیه موجب افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای مصرف مواد غذایی با کیفیت تغذیه‌ای بالا شده است. از این‌رو، در این تحقیق امکان تولید نان برنجی رژیمی غنی‌شده با استفاده از اینولین به‌عنوان یک محصول فراسودمند مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر جایگزینی شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و ایزومالت به‌عنوان جایگزین قند بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی نان برنجی ارزیابی گردید.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- تهیه نان برنجی

نمونه‌های نان‌برنجی با فرمولاسیون و روش پخت مشابه که تنها اختلاف آن‌ها در نوع شیرین‌کننده و پری‌بیوتیک مورداستفاده بود، آماده شدند. در فرمولاسیون نان برنجی گروه شاهد، ۹ kg آرد برنج (آرد بیگلری، کرمانشاه)، ۱/۱۲۵ kg روغن نباتی (چربی شیرینی آردی، نازگل، کرمانشاه)، ۵۰۰ g روغن صاف قنادی یا شورتنینگ[2] (نازگل، کرمانشاه)، ۱۳ عدد تخم مرغ، ۱/۲۵ g زعفران، ۳ kg شکر و ۵۰۰ ml آب به‌کار رفت. جهت تولید نان برنجی ابتدا کلیه مواد توزین شدند. سپس، تخم‌مرغ‌ها ضدعفونی و پس از شکستن داخل میکسر ریخته و روغن، شکر و آب اضافه گردید. بعد از اختلاط مواد فوق به مدت ۷ دقیقه، آرد برنج اضافه شده و پس از طی ۱۰ دقیقه اختلاط، به مدت یک‌شبانه روز در دمای اتاق نگهداری گردید و سپس برای تهیه نان برنجی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، پخت نان برنجی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (رفتنی امیری و سلمانی، ۱۳۹۷). به‌منظور تهیه نان‌برنجی بدون قند، با کاهش میزان قند تا ۷۰٪، مقدار ۱۲۹ g سوکرالوز و ۷/۲ g ایزومالت جایگزین شد.

1. Aidoo
2. Shortening

اینولین ۱٪ به عنوان ترکیب فراسودمند به نان‌برنجی اضافه گردید (آیدو و همکاران، ۲۰۱۴). نگهداری نمونه‌های نان‌برنجی طراحی‌شده به‌مدت ۴ ماه در دمای محیط و نمونه‌برداری هر ۱۵ روز یک‌بار صورت گرفت. تیمارهای مختلف در این مطالعه به شرح ذیل می‌باشد (جدول۱).

جدول۱. تیمارهای طراحی‌شده نان‌برنجی

تیمار ۱	نان‌برنجی شاهد
تیمار ۲	نان‌برنجی حاوی g ۱۲۹ سوکرالوز + g ۷/۲ ایزومالت
تیمار ۳	نان‌برنجی حاوی اینولین ۱٪
تیمار ٤	نان‌برنجی حاوی g ۱۲۹ سوکرالوز + g ۷/۲ ایزومالت + اینولین ۱٪

۲-۲- تعیین شاخص‌های کنترل کیفیت میکروبی نان برنجی

به‌منظور بررسی ویژگی‌های میکروبی نمونه‌های نان‌برنجی تهیه‌شده، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه[1]، استافیلوکوکوس اورئوس[2] کوآگولاز مثبت، کپک و مخمر صورت گرفت (جی[3] و همکاران، ۲۰۰۵، استاندارد شماره ۲۳۹۵ سازمان ملی استاندارد ایران، میکروبیولوژی فرآورده‌های قنادی و شیرینی، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون).

۲-۲-۱- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

در این روش با تهیه رقت‌های سریالی ده‌تایی از نمونه‌ها و کشت در محیط پلیت کانت آگار[4] شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها انجام گرفت. به‌طوری که g ۱۰ نمونه با ml ۹۰ محلول رقیق‌کننده آب پپتونه ۰/۱٪ در استومیکر مخلوط و از آن رقت‌های مختلف تهیه و در پلیت‌های حاوی محیط پلیت کانت آگار کشت داده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شد. با توجه به فاکتور رقت تعداد آن‌ها به صورت CFU/g log گزارش شد.

۲-۲-۲- شمارش باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه

1. Enterobacteriaceae
2. Staphylococcus *aureus*
3. Jay
4. Plate count agar

به‌منظور شمارش میانگین تعداد باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه، از روش کشت روی محیط ویولت رد بایل آگار[1] استفاده شد. پلیت‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد.

۲-۲-۳- جستجو و شناسایی استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت

جستجو و شناسایی استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت بر اساس روش استاندارد ملی ایران به شماره ۶۸۰۶ انجام شد. بدین منظور، g ۱ از هر نمونه تحت شرایط استریل به ml ۹ محیط Giolity Conttoni broth انتقال و به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شد. سپس، کشت سطحی روی محیط کشت برد پارکر آگار[2] انجام شد. به منظور تأیید کلونی‌های مشکوک به استافیلوکوکوس اورئوس آزمایشات تأیید مانند رنگ‌آمیزی گرم، کاتالاز، کوآگولاز، حساسیت به نوبیوسین، مقاومت به پلی‌میکسین B و تخمیر مانیتول صورت گرفت.

۲-۲-٤- شمارش کپک و مخمر

به‌منظور شمارش میانگین تعداد کپک و مخمر در نمونه‌های نان‌برنجی تهیه‌شده از محیط کشت سابرود دکستروز آگار[3] و گرمخانه‌گذاری به‌مدت ۵ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد.

۲-۳- تعیین شاخص‌های کنترل کیفیت فیزیکی و شیمیایی نان برنجی

۲-۳-۱- اندازه‌گیری رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵ (روش اندازه‌گیری رطوبت غلات و فرآورده‌های آن به‌روش معمولی) صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا یک عدد بوته چینی خالی تمیز در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد حداقل به‌مدت یک ساعت در آون خشک گردید. سپس، g ۱۰ از نمونه داخل بوته چینی وزن و در داخل کوره (دمای ۱۲۰ تا ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد) حرارت داده شد. حرارت‌دادن تا ثابت‌شدن وزن بوته چینی ادامه یافت. پس از متوقف‌کردن حرارت و خنک‌کردن بوته چینی، بوته چینی وزن شد. در نهایت، از روی کاهش وزن نمونه نسبت به نمونه اولیه درصد رطوبت تعیین شد.

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{m_1 - m_2}{m_0}$$

m1: وزن نمونه و ظرف قبل از خشک‌کردن؛

m2: وزن نمونه و ظرف بعد از خشک‌کردن؛

1. Violet red bile agar
2 Baird Parker agar
3 Sabouraud dextrose agar

m0: وزن نمونه اولیه.

۳-۲-۲- اندازه‌گیری چربی

چربی نمونه‌ها با روش سوکسله اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۶۲، روش اندازه‌گیری چربی غلات و فرآورده‌های آن). اساس روش جوشانیدن قسمت مورد آزمون با اسیدکلریدریک رقیق برای آزادکردن چربی‌های غیرآزاد و ترکیب‌شده، صاف‌کردن توده حاصل و خشک‌کردن و استخراج چربی باقیمانده روی کاغذ صافی با n-هگزان یا پترولیئوم سبک بود. میزان چربی از رابطه زیر محاسبه شد:

۲) درصد چربی = [(وزن بالن و نمونه)-وزن بالن / وزن نمونه] × ۱۰۰

۳-۲-۳- اندازه‌گیری پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۵۲ (غلات و حبوبات-اندازه‌گیری میزان نیتروژن و محاسبه مقدار پروتئین خام-روش کجلدال) صورت گرفت.

۳-۲-٤- اندازه‌گیری قند کل

قند کل بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۴ (کلوچه-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون) اندازه‌گیری شد. در ابتدا، محلول استات روی و محلول فروسیانور پتاسیم آماده شد. بدین منظور، ۱۰/۶ g فروسیانور پتاسیم به‌تدریج در آب حل شد، در بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتری به حجم رسانده شد. همچنین، مقدار ۲۱/۹ g استات روی در مقداری آب حل شد و مقدار ۰/۳۶ ml اسیداستیک به آن اضافه گردید. سپس، در بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد. مقدار ۴ g از نمونه‌های خرد و همگن‌شده در یک بشر وزن گردید و در حدود ۷۵ ml آب مقطر کاملاً حل شد و ۲ الی ۳ قطره محلول استات روی و مقدار مساوی از محلول فروسیانور پتاسیم به آن اضافه گردید. به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل گردید و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ ml رسانده شد. محلول حاصل کاملاً همزده و به‌وسیله کاغذ صافی صاف گردید. در مرحله بعد، میزان ۲۵ ml از محلول صاف‌شده قند نمونه‌ها با مقداری آب مقطر در یک بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری رقیق شد. مقدار ۵ ml اسیدکلریدریک غلیظ به آن افزوده و در بن‌ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. به‌مدت ۳ دقیقه با حرکت چرخشی و به‌مدت ۷ دقیقه به‌طور ثابت نگه داشته و در زیر جریان آب سرد خنک گردید. با افزودن سود غلیظ (۲۰٪ وزنی-حجمی) و بعد هم سود ۰/۱ نرمال در حضور شناساگر فنول فتالئین تا حصول رنگ صورتی کم‌رنگ خنثی گردید. محتوای بالن با آب مقطر به حجم ۱۰۰ ml رسانده و در مرحله بعد به بورت ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد. از طرفی از محلول فهلینگ هر کدام به‌میزان ۵ ml با پیپت برداشته و درون ارلن ریخته شد؛ سپس میزان ۵۰ ml آب مقطر به آن اضافه گردید. پس از مدت زمان ۱ دقیقه جوشش محتوای ارلن میزان ۲ قطره شناساگر متیلن بلو ۰/۲٪ افزوده و به‌محض ایجاد رنگ قرمز آجری پایدار در محتوای ارلن مقدار قند مصرفی بر اساس فرمول ذیل محاسبه شد:

۳) درصد قند $= 100 \times \frac{A \times 100 \times 100}{V \times m \times 25 \times 1000}$

A: عیار فهلینگ تصحیح‌شده بر حسب قند اینورت؛

V: حجم محلول قند مصرف‌شده؛

m: وزن نمونه مورد آزمون.

۳-۲-۵- اندازه‌گیری خاکستر نامحلول در اسید

به منظور اندازه‌گیری میزان خاکستر نامحلول در اسید، g ۵ از نمونه مورد آزمایش در یک بوته چینی که قبلاً به وزن ثابت رسیده توزین شد. سپس، در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از سفیدشدن نمونه، بوته از کوره خارج و در دسیکاتور قرار داده شد تا سرد گردد. روی خاکستر به دست‌آمده ml ۲۰ اسید کلریدریک ۱۰٪ اضافه و یک شیشه ساعت روی آن گذاشته و در بن ماری به مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شد. پس از سرد و صاف‌کردن، به کمک آب مقطر شستشوی محلول انجام شد و این عمل تا زمانی ادامه داشت که محلول دارای pH اسیدی نباشد. مجدد محتویات به داخل بوته چینی جدید منتقل و در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا به وزن ثابت برسد و سپس میزان خاکستر نامحلول در اسید با اندازه‌گیری اختلاف وزن بوته چینی قبل و پس از حرارت‌دادن محاسبه شد (استاندارد ملی ایران، شماره **۲۵۵۴**، کلوچه-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون).

۳-۲-۶- آنالیز آماری

با انجام آزمایشات مختلف، داده‌ها در نرم‌افزار اکسل ثبت شد. برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد و مقدار P کمتر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنی‌دار لحاظ گردید. از آزمون آنالیز واریانس جهت بررسی اختلاف معنی‌دار میان گروه‌های مختلف استفاده شد.

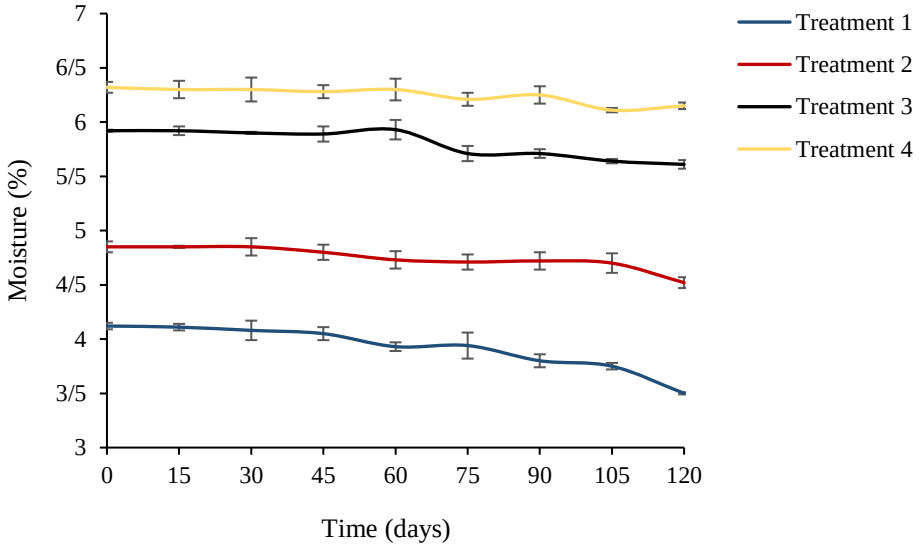
۳- نتایج و بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، در تمامی روزهای نمونه‌برداری تا پایان مطالعه (روز ۱۲۰)، ویژگی‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، انتروباکتریاسه و استافیلوکوکوس اورئوس کمتر از حد قابل‌شمارش log CFU/g ۱ بود، همچنین، طبق نتایج این پژوهش، تا پایان مطالعه تعداد کپک/مخمر کمتر از log CFU/g ۲ بود، که با استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۱۹ همخوانی دارد. بر این اساس، تغییر در اجزای فرمولاسیون نان برنجی تأثیری بر کیفیت میکروبی نمونه‌های مورد بررسی نداشتند.

طبق یافته‌های ارائه‌شده در شکل ۳-۱، میزان درصد رطوبت اولیه نمونه‌های نان‌برنجی در روز صفر مطالعه در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ۴/۱۲±۰/۰۴٪، ۴/۸۵±۰/۰۱٪، ۵/۹۲±۰/۰۳٪ و ۶/۳۲±۰/۰۲٪ اندازه‌گیری شد. با افزودن سوکرالوز، ایزومالت و اینولین به نمونه‌های نان‌برنجی، میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت. علت این موضوع وجود گروه‌های آب‌دوست و طبیعت جاذب‌الرطوبه ترکیبات افزوده‌شده می‌باشد. همچنین، شکر دمای ژلاتیناسیون نشاسته و دناتوراسیون پروتئین را افزایش می‌دهد و این دمای بالای ژلاتیناسیون به خروج رطوبت از

محصول کمک می کند. در نتیجه با کاهش مقدار شکر در فرمولاسیون محصول، رطوبت آن افزایش پیدا می کند. افزایش میزان رطوبت و به تبع آن افزایش فعالیت آبی می تواند شرایط را برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها فراهم سازد. این مسئله خصوصاً هنگامی که قارچ‌های مولد انواع توکسین حضور داشته باشند خطرآفرین بوده و ایمنی ماده غذایی را کاهش می‌دهد (چاتوپادیای[1] و همکاارن، ۲۰۱۴). در تحقیقی که توسط دورو[2] و همکاران (۲۰۰۳) روی کوکی کم چرب حاوی اینولین انجام گرفت، نمونه‌های حاوی اینولین درصد رطوبت بیشتری را نشان دادند. همچنین، در مطالعه فرانک[3] و همکاران، (۲۰۰۲) نشان داده شده است که افزودن اینولین و الیگوفروکتوز به نان و کیک آن را مرطوب نگه داشته و تازگی آنها را به‌مدت طولانی‌تری حفظ می کند. میزان رطوبت نمونه‌های نان برنجی حاوی سوکرالوز + ایزومالت و فاقد اینولین اختلاف کمتری با گروه شاهد نشان دادند. این موضوع را می‌توان ناشی از تمایل کمتر سوکرالوز + ایزومالت به جذب و حفظ رطوبت نسبت داد. کوتیلا-کوپیدورا۴ و همکاران، (۲۰۱۶) گزارش کردند افزودن سوکرالوز، زایلیتول و آسه‌سولفام پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار میزان رطوبت نمونه‌های بیسکویت بدون قند در مقایسه با گروه شاهد گردید، که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. نتایج جلی و همکاران، (۱۳۹۲) در زمینه جایگزینی ساکارز با سوکرالوز و ایزومالت نشان داده است با افزایش جایگزینی ساکارز محتوای رطوبت نمونه‌ها به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته است. روندا۵ و همکاران، (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند بهترین میزان جایگزینی شکر با بهترین محتوای رطوبتی در کیک اسفنجی، استفاده از مخلوط سوکرالوز/ایزومالت تا سطح ۷۵٪ ساکارز می‌باشد. لی[6] و همکاران، (۲۰۰۸) اثر ایزومالت را در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، نمونه‌های حاوی ۱۰۰٪ ایزومالت رطوبت بیشتری در مقایسه با نمونه کنترل داشتند. همچنین، نتایج این مطالعه نشان داده است، که در تمامی تیمارهای طراحی‌شده میزان رطوبت در انتهای مطالعه به‌صورت معنی‌داری کمتر از روز صفر نمونه‌برداری بود و این کاهش رطوبت در گروه کنترل بیشتر از سایر گروه‌ها بود. در پایان مطالعه درصد رطوبت نمونه‌های نان برنجی در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۰/۰۳±۳/۵۰٪، ۰/۰۱±۴/۵۲٪، ۰/۰۷±۵/۶۱٪ و ۰/۰۲±۶/۱۵٪ اندازه‌گیری شد. چانگ[7] و همکاران، (۲۰۰۹) گزارش کردند با جایگزینی ساکارز توسط اریتریتول در طول نگهداری از محتوای رطوبتی کیک کاسته شد، که با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

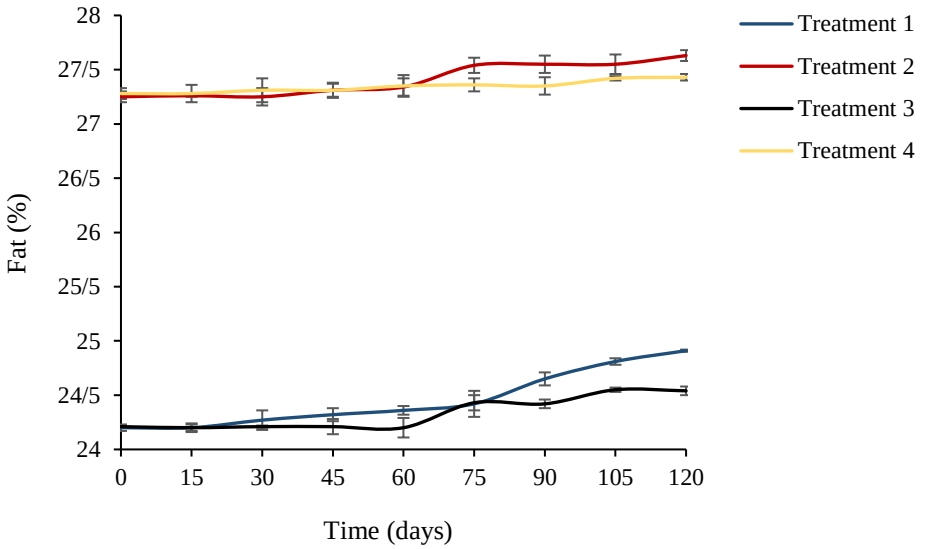
1. Chattopadhyay
2. Deverux
3. Franck
4. Kutyła-Kupidura
5. Ronda
6. Lee
7. Chung



شکل ۱. میزان رطوبت تیمارهای مختلف نانبرنجی. تیمار ۱: نانبرنجی شاهد، تیمار ۲: نانبرنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت، تیمار ۳: نانبرنجی حاوی اینولین ۱٪ و تیمار ٤: نانبرنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت + اینولین ۱٪. نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

چربی دریافت‌شده از طریق مواد غذایی بخشی از نیاز روزانه است که به‌عنوان یک منبع انرژی و تأمین‌کننده اسیدهای چرب ضروری و کمک به جذب ویتامین‌های محلول در چربی از اهمیت خاصی برخوردار است. با این وجود، افزایش میزان چربی در فرآورده می‌تواند سبب بروز چاقی و امراض مربوط به‌نوع و میزان چربی رژیم غذایی گردد (بوردین[1] و همکاران، ۲۰۱۳). میزان چربی نمونه‌های نانبرنجی در تیمارهای ۲ و ۴ به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمارهای ۱ و ۲ بالاتر بود ($P < 0.05$) و همچنین، با افزایش زمان نگهداری به‌دلیل کاهش رطوبت در تمامی نمونه‌ها میزان چربی روند افزایشی داشت (شکل ۲). بالاتر بودن میزان چربی در تیمارهای ۲ و ۴ به این دلیل می‌باشد که در فرمولاسیون طراحی‌شده میزان ایزومالت و سوکرالوز کمتری برای شیرین‌کنندگی لازم است، بنابراین مقدار چربی در کل محصول افزایش می‌یابد، درحالی که افزودن شکر اثر رقیق‌کنندگی بر میزان نهایی چربی محصول می‌گذارد (پروانه، ۱۹۹۵). دهقان و محمدی، (۱۴۰۲) گزارش کردند جایگزینی ساکارز با ایزومالت و اریتریتول در کرم ارده رژیمی موجب افزایش درصد چربی نهایی محصول می‌گردد، که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

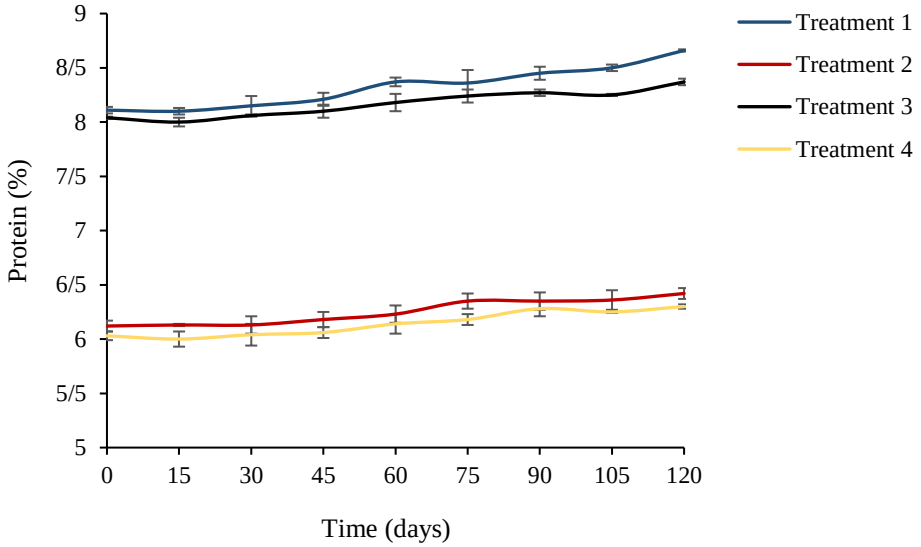
1. Bordin



شکل۲. میزان چربی تیمارهای مختلف نان‌برنجی. تیمار ۱: نان برنجی شاهد، تیمار ۲: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت، تیمار ۳: نان‌برنجی حاوی اینولین ۱٪ و تیمار ٤: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت + اینولین ۱٪. نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

میزان پروتئین در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ۰/۰۹±۸/۱۱٪، ۰/۰۱±۶/۱۲٪، ۰/۰۳±۸/۰۴٪ و ۰/۰۵±۶/۰۳٪ اندازه‌گیری شد (شکل ۲). در زمینه مقایسه میزان پروتئین در محصولات مختلف طی جایگزینی ساکارز با ایزومالت، سوکرالوز و اریتریتول مطالعه‌ای صورت نگرفته است. گزارش شده است این شیرین‌کننده‌ها به‌طور مستقیم با پروتئین واکنش نمی‌دهند اما تأثیر منفی بر میزان پروتئین کل محصول دارند (احمدی و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از نقش‌های مهم ساکارز تأخیر در ژلاتینه‌شدن نشاسته و دناتوره‌شدن پروتئین‌ها است. به‌طوری‌که نقش حیاتی ساکارز در تولید شیرینی‌جات در زمان حرارت‌دهی، افزایش مقاومت حرارتی پروتئین‌ها می‌باشد. بنابراین، زمانی که میزان ساکارز در فرمولاسیون کاهش یابد، پروتئین در دمای کمتر و با سهولت بیشتری دناتوره و ناپایدار گردیده و میزان آن کاهش می‌یابد (مانیشا[1] و همکاران، ۲۰۱۲). امامی و همکاران، (۱۳۹۸) گزارش کردند با افزایش جایگزینی ساکارز با سوکرالوز و ایزومالت در باقلوای سنتی درصد پروتئین نسبت به‌نمونه‌های شاهد به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

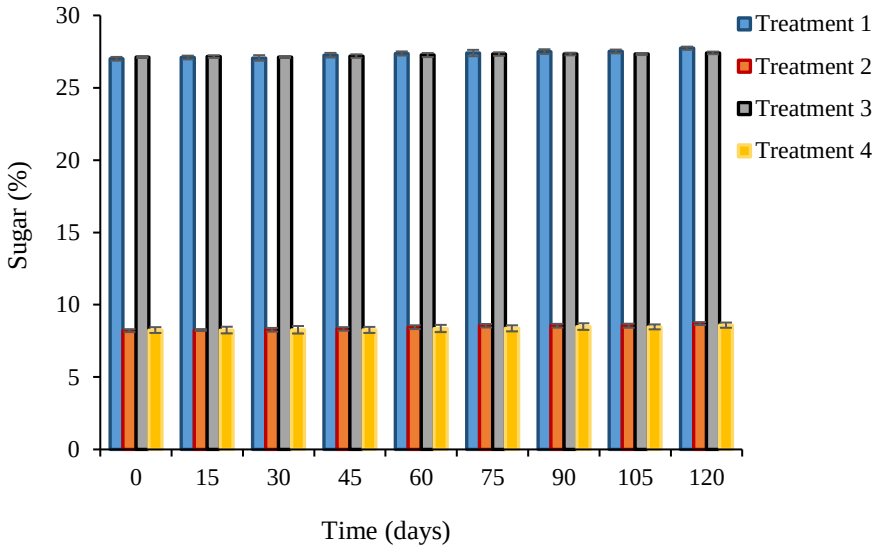
1. Manisha



شکل۳. میزان پروتئین تیمارهای مختلف نان‌برنجی. تیمار ۱: نان‌برنجی شاهد، تیمار ۲: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت، تیمار ۳: نان‌برنجی حاوی اینولین ۱٪ و تیمار ٤: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت + اینولین ۱٪. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

تغییرات قند نمونه‌های نان‌برنجی تهیه‌شده در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در طی تهیه نمونه‌های نان‌برنجی میزان ساکارز در تیمارهای طراحی‌شده ۲ و ۴ نسبت به گروه کنترل به صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($P < 0.05$). علت کاهش ساکارز مربوط به افزایش میزان سوکرالوز و ایزومالت در فرمولاسیون و کاهش معنی‌دار میزان ساکارز در فرمولاسیون نهایی می‌باشد. مانیشا و همکاران، (۲۰۱۲) گزارش کردند میزان ساکارز در کیک کم‌کالری حاوی استویوزید و سوربیتول در حین نگهداری کاهش پیدا کرد، که با نتایج این مطالعه همخوانی ندارد. این محققین گزارش کردند کاهش اندک ساکارز طی دوره نگهداری می‌تواند به‌دلیل تبدیل آن به گلوکز و فروکتوز باشد. لین[1] و همکاران، (۲۰۱۰) به جایگزینی شکر با اریتریتول و تأثیر آن روی کیفیت و ویژگی‌های کوکی دانمارکی کم‌کالری پرداختند و گزارش نمودند با افزایش درصد اریتریتول رطوبت محصول افزایش و میزان قند کاهش، درحالی‌که تغییر معنی‌داری در درصد پروتئین و چربی ایجاد نگردید.

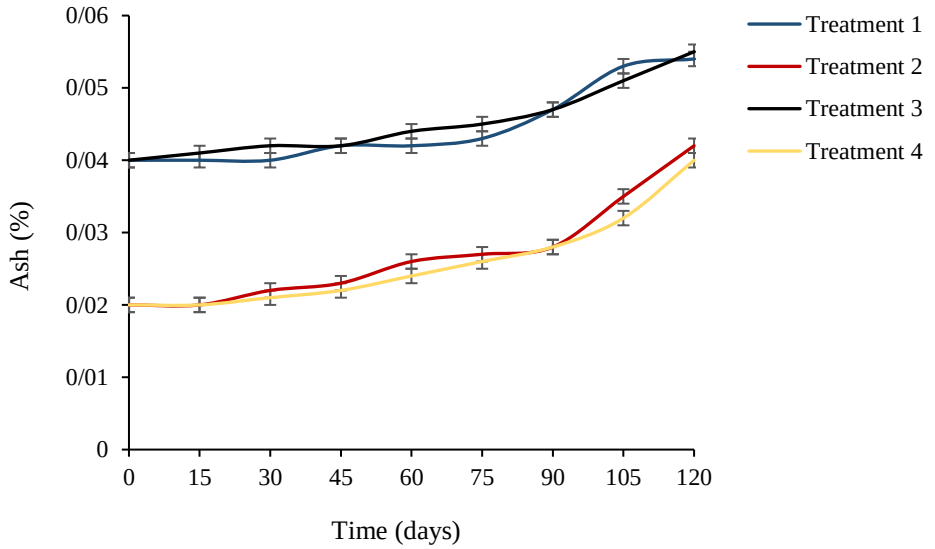
1. Lin



شکل ٤. میزان قند تیمارهای مختلف نان برنجی. تیمار ۱: نان برنجی شاهد، تیمار ۲: نان برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت، تیمار ۳: نان برنجی حاوی اینولین ۱٪ و تیمار ٤: نان برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت + اینولین ۱٪. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

تغییرات خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌های نان برنجی تهیه‌شده در شکل ۴ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، با جایگزینی ساکارز با ایزومالت + سوکرالوز میزان خاکستر در تیمارهای ۲ و ۴ کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های حاصل از مطالعه موسی و موسی[1]، (۲۰۱۵) که مشاهده نمودند با جایگزینی ساکارز با سوکرالوز در بیسکویت، میزان خاکستر به صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد، مطابقت دارد. لازم به ذکر است با افزایش زمان نگهداری میزان خاکستر در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت که این مسئله می‌تواند به دلیل از دست‌دادن رطوبت و افزایش ماده خشک و خاکستر طی دوره نگهداری باشد. در روز ۱۲۰ مطالعه، میزان خاکستر نامحلول در اسید در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۰/۰۵۴، ۰/۰۴۲، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۴ درصد اندازه‌گیری شد. بیمتن و وود۲، (۱۹۹۰) به بررسی جایگزینی شکر با سوکرالوز در فرمولاسیون بستنی پرداختند و مشاهده نمودند با افزایش میزان جایگزینی، ماده خشک و به تبع آن خاکستر افزایش یافته است. لین و همکاران، (۲۰۱۰) جایگزینی شکر با اریتریتول و تاثیر آن روی کیفیت و ویژگی‌های کوکی دانمارکی کم‌کالری پرداختند و گزارش نمودند با افزایش درصد اریتریتول رطوبت محصول افزایش و کالری و درصد کربوهیدرات کاهش یافت، درحالی‌که تغییر معنی‌داری در درصد پروتئین، چربی و خاکستر ایجاد نگردید.

1. Mousa & Mousa
2. Bitman & Wood



شکل ۵. میزان خاکستر نامحلول در اسید تیمارهای مختلف نان برنجی. تیمار ۱: نان برنجی شاهد، تیمار ۲: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت، تیمار ۳: نان‌برنجی حاوی اینولین ۱٪ و تیمار ٤: نان‌برنجی حاوی ۱۲۹ گرم سوکرالوز + ۷/۲ گرم ایزومالت + اینولین ۱٪. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

٤. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، با استفاده از مخلوط سوکرالوز و ایزومالت و افزودن اینولین به‌عنوان ترکیب فراسودمند می‌توان تا ۷۰٪ میزان شکر مصرفی را در فرمولاسیون شیرینی رژیمی نان‌برنجی جایگزین نمود، بدون آنکه تأثیر نامطلوبی روی خواص میکروبی، فیزیکی و شیمیایی محصول داشته باشد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از زحمات و همکاری مدیرکل محترم اداره کل استاندارد استان کرمانشاه، خانم مهندس نسرین ذوالنوریان و ناظر محترم طرح آقای دکتر علیرضا حبیبی تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

امامی، ن.، ناطقی، ل.، اسحاقی، م. ر (۱۳۹۸). **بررسی اثر جایگزینی ساکارز توسط مخلوط سوکرالوز و ایزومالت بر ویژگی‌های کیفی باقلوای سنتی کرمانشاهی**. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۹(۴)، ۸۸-۷۱.

دهقان، ا.، محمدی، ب (۱۴۰۲). **تهیه کرم ارده رژیمی با استفاده از جایگزین‌های ساکارز (ایزومالت، ریبادیوزید a، اریتریتول) و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی آن**. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۹ (۱)، ۳۰-۱۷.

رفتنی امیری، ز.، سلمانی، س (۱۳۹۷). **ارزیابی اثر رنگ‌های طبیعی و مصنوعی بر برخی ویژگی‌های نان برنجی**. علوم و صنایع غذایی، ۷۵ (۱۵)، ۱۴۶-۱۳۷.

جلی، ا.، کرامت، ج.، حجت الاسلامی، م.، کرامت، ج.، جهادی، م (۱۳۹۲). **بررسی تأثیر جایگزینی ساکارز توسط مخلوط سوکرالوز و ایزومالت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیسکویت قالب غلتکی**. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، ۱ (۱)، ۶۴-۴۹.

قندهاری یزدی ا.پ.، حجت الاسلامی، م.، کرامت، ج.، جهادی، م (۱۳۹۲). **بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز-مالتودکسترین بر خواص رئولوژیکی و میزان کالری شیرینی سنتی قطاب**. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، ۲(۱)، ۵۸-۴۹.

Ahmadi, H., Azizi, M. H., Jahanian, L., & Amirkaveei, S. H. (2010). **Evaluation of replacemet of date liquid sugar as a replacement for invert syrup in a layer cake**. Iranian Journal of Food Science 14, 11-18.

Aidoo, R. P., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2014). **Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture–Rheological, microstructure and physical quality characteristics**. Journal of Food Engineering, 126, 35-42.

Bitman, J., & Wood, D. L. (1990). **Changes in milk fat phospholipids during lactation**. Journal of Dairy Science, 73(5), 1208-1216.

Bordin, K., Tomihe Kunitake, M., Kazue Aracava, K., & Silvia Favaro Trindade, C. (2013). **Changes in food caused by deep fat frying-A review**. Archivos Latinoamericanos de Nutricion, 63(1), 5-13.

Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2014). **Artificial sweeteners–a review**. Journal of Food Science and Technology, 51, 611-621.

Chung, Y. S., Kwak, Y. H., Lee, M. N., & Kim, D. J. (2009). **Quality characteristics of sponge cake with erythritol**. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 38(11), 1606-1611.

Devereux, H. M., Jones, G. P., McCormack, L., & Hunter, W. C. (2003**). Consumer acceptability of low-fat foods containing inulin and oligofructose**. Journal of Food Science, 68(5), 1850-1854.

Emadzadeh, B., Razavi, S., & Mahallati, M. N. (2012). **Effects of fat replacers and sweeteners on the time-dependent rheological characteristics and emulsion stability of low-calorie pistachio butter: A response surface methodology**. Food and Bioprocess Technology, 5(5), 1581-1591.

Franck, A. (2002). **Technological functionality of inulin and oligofructose**. British Journal of Nutrition, 87(S2), S287-S291.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2008). **Modern Food Microbiology**. Springer Science & Business Media.

Kutyła-Kupidura, E. M., Sikora, M., Krystyjan, M., Dobosz, A., Kowalski, S., Pysz, M., & Tomasik, P. (2016). **Properties of sugar-free cookies with xylitol, sucralose, Acesulfame K and their blends**. Journal of Food Process Engineering, 39(4), 321-329.

Lee, C. C., Wang, H. F., & Lin, S. D. (2008). **Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake**. Cereal Chemistry, *85*(4), 515-521.

Lin, S. D., Lee, C. C., Mau, J. L., Lin, L. Y., & Chiou, S. Y. (2010). **Effect of erythritol on quality characteristics of reduced-calorie Danish cookies**. Journal of Food Quality, 33, 14-26.
Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C., & Rangan, A. (2019). **A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake**. Trends in Food Science & Technology, 86, 412-425.

Manisha, G., Soumya, C., & Indrani, D. (2012). **Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes**. Food Hydrocolloids, 29(2), 363-373.

Mousa, R., & Mousa, A. (2015). **Formulation of reduced calorie and trans-free fat biscuits using palm oil and sucralose: Study of their hypoglycemic activity on albino rats**. American Journal of Food and Nutrition, 3(6), 131-140.

Parvane, V. (1995). **Quality control and chemical testes**. No. 1481, University of Tehran.
Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. (2005). **Effects of polyols and non-digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes**. Food Chemistry, 90(4), 549-555.