مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن بر پایه جودوسر حاوی عصاره زنجبیل و کاربرد استویا به عنوان جایگزین شکر

انیس طالبی*[۱]، لیلا رفیعی[۲]

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۸

کلمات کلیدی:

نوشیدنی فاقد گلوتن،

پروبیوتیک،

عصاره زنجبیل،

استویا.

DOI: **10.22034/FSCT.20.143. 46**

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.143.4.6

* مسئول مکاتبات:

anis.ta1994@gmail.com

an.talebi@urmia.ac.ir

چکیده

امروزه با تغییر فرهنگ زندگی و استفاده از رژیم غذایی نامناسب نیاز به توسعه غذاهای ایمن، غیر آلرژی‌زا و غنی شده با مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال به منظور بهینه‌سازی سیستم ایمنی و پیشگیری و کاهش بیماری-ها افزایش یافته است؛ لذا هدف از این پژوهش تهیه نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن بر پایه جودوسر حاوی عصاره زنجبیل و شیرین کننده استویا بود. بدین منظور اثر عصاره زنجبیل در سطوح ۱/۵، ۳ و ۴/۵٪ و جایگزینی استویا با ساکارز در سطوح ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در فرمولاسیون نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن بر پایه جودوسر حاوی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاریوم به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی در طی مدت زمان نگهداری (۲۱ روز) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی مدت زمان نگهداری در تمامی تیمارهای مورد بررسی میزان بریکس، ماده جامد کل، pH و ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور معناداری کاهش و میزان اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافت($P<0.05$) و از طرفی با افزودن عصاره زنجبیل میزان بریکس، ماده جامد کل و pH نمونه‌های نوشیدنی تولیدی کاهش و ظرفیت آنتی اکسیدانی و اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافت($P<0.05$)؛ همچنین جایگزینی استویا با ساکارز منجربه کاهش بریکس، ماده جامد کل، اسیدیته گردید ولی میزان pH و ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور معناداری افزایش یافتند. نتایج بررسی زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاریوم نشان داد که در تمامی نمونه‌ها، رشد باکتری‌ها با گذشت زمان روند کاهشی داشته ولی با وجود کاهش باکتری‌ها میزان باکتری‌های زنده در محدوده استاندارد حفظ گردید و افزودن عصاره زنجبیل و شیرین کننده استویا اثر مثبتی بر زنده مانی باکتری‌ها داشت. براساس نتایج ارزیابی حسی نیز نمونه‌ی حاوی۳٪ عصاره زنجبیل و ۲۵٪ استویا از نظر ارزیابان امتیاز بالاتری کسب کرد. در نهایت براساس تمامی نتایج حاصله می‌توان بیان کرد که افزودن عصاره زنجبیل و شیرین کننده استویا در نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن منجر به بهبود خصوصیات نوشیدنی تولیدی گردید و می‌توان به عنوان یک نوشیدنی فراسودمند جدید با خواص تغذیه‌ای مطلوب معرفی کرد.

۱- مقدمه

نوشیدنی‌ها به دلیل خواص عملکردی مناسب و توانایی آن‌ها در پاسخگویی به خواسته‌های مصرف کنندگان از لحاظ محتویات، اندازه، شکل، ظاهر و همچنین توزیع و ذخیره‌سازی آسان‌تر، جز جذاب‌ترین و مطلوب‌ترین دسته مواد غذایی هستند[۱]؛ که در بین انواع نوشیدنی‌ها، بخش نوشیدنی‌های عملگرا و فراسودمند به دلیل خواص حسی مطلوب، غنی بودن از لحاظ مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال از جمله ویتامین‌ها، مواد معدنی، پلی فنول-ها، رنگدانه‌های گیاهی، عصاره‌ها، اسانس‌ها، فیتواسترول‌ها، اسیدهای چرب، فیبر، پری بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها با خواص آنتی اکسیدانی، ضد التهابی، ضد توموری، ضد کلسترول، ضد میکروبی[۲] و مزایای بالقوه سلامت (پیشگیری از بیماری‌هایی نظیر فشار خون، دیابت شیرین، اختلالات گوارشی، بهبود سلامت روان و غیره) در سال‌های اخیر رشد چشمگیری را به ثبت رسانده‌اند و به دنبال آن تمایل مصرف کنندگان برای نوشیدنی-های گازدار و پرکالری کاهش یافته است[۳, ۴]. یکی از مهم‌ترین زیر مجموعه‌های نوشیدنی‌های عملگرا که در طی سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند، می‌توان به نوشیدنی‌های تخمیری حاوی باکتری‌های پروبیوتیک اشاره کرد؛ که مصرف تعداد مشخصی(حداقل سطح معمولی ۶-۷ log cfu/ml) از آن‌ها سبب تحریک رشد، تقویت فعالیت انواعی از باکتری‌ها در روده، ایجاد خواص درمانی و سلامت بخش فراتر از ارزش تغذیه‌ای، بهبود هضم لاکتوز، بهبود جذب کلسیم، سنتز ویتامین‌ها و پروتئین‌ها، تحریک و ارتقاء سیستم ایمنی بدن، کاهش سطح کلسترول، کاهش آلرژی، جلوگیری از انواع سرطان به ویژه سرطان روده بزرگ، بهبود تعادل میکروبی روده، جلوگیری از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و افزایش ارزش تغذیه‌ای و همچنین بهبود طعم و بافت مواد غذایی می‌شود[۵]. گونه‌های میکروبی مختلفی وجود دارد که به عنوان پروبیوتیک استفاده می‌شود[۶]؛ که رایج‌ترین باکتری‌های مورد استفاده به عنوان پروبیوتیک در تجارت، بیفیدوباکتری‌ها و باکتری‌های اسید لاکتیک مانند لاکتوباسیل‌ها، لاکتوکوکی‌ها و استرپتوکوک‌ها هستند[۷]؛ در بین باکتری‌های عنوان شده، لاکتوباسیلوس پلانتاریوم(*Lactiplantibacillus plantarum*) یکی از مهمترین گونه‌ها در تخمیر محصولات مختلف گیاهی و جز گونه باکتری‌های اسید لاکتیک است. لاکتوباسیلوس پلانتاریوم توانایی بالایی در سازگاری و انطباق با محیط‌های متفاوت دارد. از اثرات سلامتی اثبات شده مصرف فرآورده‌های غذایی حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم، می‌توان به کاهش خطر بیماری التهاب روده‌ای، عفونت دستگاه گوارش و اثرات تحریک کننده سیستم ایمنی اشاره کرد. بررسی‌ها نشان داده است که باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم به عنوان بازدارنده طبیعی در غذاهای فرآوری شده زیستی، از رشد باکتری‌های بیماریزا و میکروارگانیسم‌های عامل فساد در طول انبارداری ممانعت کرده و طول عمر نگهداری محصول را افزایش می‌دهد و همچنین سویه-های پلانتاریوم به عنوان پروبیوتیک در بازار به فروش می-رسند[۸, ۹]؛ که از روش‌های مرسوم برای در دسترس قرار دادن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در روده از طریق مصرف اقلام تخمیر شده بر پایه لبنیات است که معمولاً از شیر به عنوان ماده اولیه استفاده می‌شود؛ با این حال، مصرف چنین محصولاتی برای گروه‌هایی از جمعیت که به لاکتوز و پروتئین شیر حساسیت دارند، از رژیم غذایی گیاه خواری پیروی می‌کنند و یا نگران محتوای کلسترول و بیماری رفلاکس معده به مری هستند مناسب نیست[۱۰]؛ لذا استفاده از نوشیدنی‌های پروبیوتیک غیرلبنی بر پایه غلات و شبه غلات به دلیل اجتناب از آلرژن‌ها و عدم تحمل لبنیات، کاهش مصرف کلسترول و اسیدهای چرب اشباع و حمایت از سبک زندگی گیاهخواران مورد توجه محققان قرار گرفته است؛ ولی از طرفی در بیماران مبتلا به بیماری سلیاک، که یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی است و در اثر پاسخ‌های ایمنی به گلیادین باعث ایجاد یک واکنش التهابی، عمدتاً در قسمت فوقانی روده کوچک می‌شود؛ مانع جذب مواد مغذی نظیر آهن، اسید فولیک، کلسیم و ویتامین‌های محلول در چربی در بدن شده و منجربه بروز یبوست، کم خونی، دردهای شکمی، نفخ، خستگی، ناباروری و پوکی استخوان می‌گردد که باید مواد غذایی حاوی گلوتن از رژیم غذایی چنین افرادی حذف شوند[۱۱, ۱۲]؛ بدین منظور یکی از شبه غلات بدون گلوتن و با ارزش غذایی بالا مورد استفاده به جای غلات حاوی گلوتن جودوسر(*Avena*

sativa L.) می‌باشد. جودوسر یکی از محصولات غذایی و غلات با سابقه مصرف طولانی است که در سراسر جهان کشت و مصرف می‌شود و به دلیل ترکیبات تغذیه‌ای و ترکیبات زیست فعال، محبوبیت بیشتری پیدا کرده است. این محصول یک ساله است که برای بیش از ۲۰۰۰ سال در نقاط مختلف جهان کشت می‌شود. منبع مهمی از کربوهیدرات‌ها (۷۰-۵۹٪)، فیبر غذایی (۱۲٪)، پروتئین (۱۷-۱۵٪)، لیپیدها (۴/۵٪)، ترکیبات مختلف فنلی، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب غیر اشباع، استرول‌ها و مواد معدنی است[۱۳, ۱۴]. بتا گلوکان جو دوسر(۶-۲٪)، یکی از اجزای اصلی فیبر محلول، یک پلی ساکارید چسبناک است که از یک زنجیره خطی منشعب از مونوساکاریدهای D-گلوکز ساخته شده است که توسط $\beta\ (1 \rightarrow 3)$ و $\beta\ (1 \rightarrow 4)$ به هم متصل شده‌اند. این ترکیب فعال اصلی در جودوسر منجربه کاهش کلسترول، ضد دیابت، تقویت سیستم ایمنی و بهبود میکروبیوتای روده برای سلامت، پیشگیری از بیماری هایی مانند تصلب شرایین، درماتیت و برخی از انواع سرطان می‌گردد[۱۵]. عصاره-های گیاهی حاوی بسیاری از اجزای فعال زیستی مانند: مواد فنلی، کاروتنوئیدها، مواد مغذی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبرهای غذایی هستند که آن را به ماده‌ای مناسب برای تقویت رشد باکتری‌ها تبدیل می‌کند. زنجبیل(*Zingiber officinale*) یک ادویه محبوب از خانواده *Zingiberaceae* است که در رژیم‌های غذایی سنتی در سراسر جهان مصرف می‌شود. زنجبیل حاوی تعداد زیادی مواد مغذی از جمله: ویتامین‌ها، نشاسته، جینجرول، شوگاول و اسیدهای آمینه است. ۶- جینجرول یکی از مواد فعال زیستی اصلی زنجبیل است که دارای فعالیت‌های ضد درد و ضد التهابی، ضد سرطانی، تب‌بر، آنتی اکسیدانی، قلبی و کاهش فشار خون است. همچنین مصرف زنجبیل منجربه درمان دیابت، آرتروز، آرتریت روماتوئید، کبد چرب، کاهش تهوع در دوران بارداری و شیمی درمانی به دلیل اعمال فعالیت آنتی اکسیدانی می‌شود[۱۶, ۱۷]. از طرفی به دلیل تغییر فرهنگ زندگی، کم شدن تحرک بدنی انسان‌ها، مصرف بیش ازحد شکر در رژیم غذایی که منجربه بروز مشکلاتی نظیر چاقی و فشارخون، شیوع بیماری‌های قلبی و عروقی و همچنین سایر اختلالات متابولیکی می‌شوند؛ لذا توجه به تولید فرمولاسیون‌های غذایی کم کالری ضروری می‌باشد[۱۸]. استویا(*Stevia rebaudiana*) گیاه علفی چند ساله از خانواده *Asteraceae* است که برای اولین بار در برخی از مناطق آمریکای جنوبی (پاراگوئه و برزیل) رشد کرد و امروزه در کشورهای برزیل، پاراگوئه، آمریکای مرکزی، تایلند، کره و چین می‌روید و در ایران در آب و هوای مناسب گیلان به خوبی رشد می‌کند[۱۹]. برگ-های خشک گیاه استویا حاوی گلیکوزیدهایی است که حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ برابر بیشتر از ساکارز شیرینی، اندیس گلایسمی پایین‌تر و کالری کمتر دارند. شناخته شده ترین گلیکوزیدهای دی ترپن در برگ استویا استویوزید، ریبائودیوزید (A، B، C، D، E)، استویولبیوزید، دولکوزید A هستند[۲۰]. همچنین برگ‌های گیاه استویا حاوی مقادیر بالای فنول، فلاونوئید، بتاکاروتن، نیاسین، دالکوزید، ربادیوکسید، ریبوفلاوین، ویتامین C ،کلسیم، کروم، آهن، منیزیم، پتاسیم، پروتئین، فیبر و تیامین می‌باشد. استویا به دلیل خواص مطلوب نظیر خواص ضد باکتریایی، ادرار آور، ضد التهابی، ضد سرطان زایی و آنتی اکسیدانی و همچنین عملکرد آن به عنوان مهارکننده‌های قند خون و فشار خون بالا، مورد توجه ویژه قرار گرفته است[۲۱, ۲۲]. در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده و بسیاری جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای، کاهش کالری و افزایش ترکیبات زیست فعال در انواع نوشیدنی‌ها بر پایه غلات با افزودن عصاره گیاهی(A. +safflower seed Kalopanax +manyprickle acanthopanax +aspera septemlobus) در نوشیدنی Sunsik (درصد جو+ برنج قهوه ای+آدلی+ لوبیا سیاه +جو دوسر)[۲۳]، نوشیدنی تخمیری بر پایه جودوسر حاوی عصاره اینولین از ریشه آفتابگردان[۲۴]، نوشیدنی کم‌کالری مبتنی بر آلوئه‌ورا حاوی شیرین کننده استویا[۲۵]، نوشیدنی تخمیری فاقد گلوتن بر پایه جودوسر جوانه زده[۲۶]، نوشیدنی تخمیری فاقد گلوتن بر پایه گندم سیاه و عدس[۱۱]، تولید نوشیدنی تخمیری بدون گلوتن بر پایه کینوا[۵] و ... صورت گرفته است؛ لذا با توجه به تغییر شیوه زندگی و علاقه مصرف کنندگان به تهیه و مصرف مواد غذایی کاربردی، هدف از این پژوهش تولید نوشیدنی فراسودمند بدون گلوتن بر پایه جودوسر حاوی عصاره زنجبیل در سطوح (۱/۵، ۳، ۴/۵٪) و جایگزینی استویا با ساکارز در سطوح (۲۵، ۵۰، ۷۵٪) و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه تولیدی در طی مدت زمان نگهداری (۲۱ روز) می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

دانه‌های جو دوسر پوست کنده و تلخی زدایی شده از شرکت مدیاف(تهران، ایران)، پودر استویا از شرکت پیشگامان شیمی(تهران، ایران)، شکر (خلوص ۹۸٪) و گیاه زنجبیل از بازار محلی شهرستان مرند تهیه گردیدند. همچنین تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده از برند شرکت مرک(آلمان) و از مرکز پخش مواد آزمایشگاهی شرکت دایا اکسیر(تهران، ایران) تهیه شدند. لاکتوباسیلوس پلانتاروم (PTCC 1896) از سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، به صورت کشت فعال و زنده خریداری و تا قبل از استفاده در یخچال نگهداری شد.

۲-۲-روش‌ها

۱-۲-۲-تهیه عصاره زنجبیل

گیاه زنجبیل از بازار محلی شهرستان مرند خریداری و به منظور تهیه عصاره زنجبیل، ریشه آن تکه تکه، شسته و در سایه خشک گردید. سپس ریشه‌های خشک شده در مخلوط کن آشپزخانه (بوش، آلمان) به پودر تبدیل شدند و بعد از الک با مش ۶۰ میکرون، ۱۰۰ گرم از پودر زنجبیل با یک لیتر اتانول مخلوط و با دور ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد همزده شد. سپس مخلوط به‌دست‌آمده با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف و در دستگاه روتاری در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد تغلیظ و در آون تحت خلأ در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به منظور حذف کامل حلال آلی خشک گردید؛ در نهایت پودر بدست آمده تا زمان استفاده در یخچال در ظرف شیشه‌ای عایق نور و عایق هوا نگهداری شد[۲۷].

۲-۲-۲- تهیه شیر جودوسر

به منظور تهیه شیر دانه جودوسر، دانه‌های پوست کنده، تلخی زدایی شده و تمیز شده از شرکت مدیاف(تهران، ایران) خریداری و سپس شسته و به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق درآب به نسبت ۱(جودوسر) به ۶ (آب) خیسانده شدند. پس از مدت زمان عنوان شده مواد با استفاده از هموژنازیر آسیاب و شیر استخراج شده از طریق پارچه خراطین صاف گردید[۲۸].

۲-۲-۳- کشت میکروبی و تعیین مقدار کشت آغازگر

لاکتوباسیلوس پلانتاروم(PTCC 1896) از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، به صورت کشت فعال و زنده خریداری و تا قبل از استفاده در یخچال نگهداری شد. برای تعیین مقدار کشت آغازگر جهت افزودن باکتری‌ها به شیر جودوسر، از استاندارد نیم مک فارلند استفاده گردید.

۳-۲-۲-تهیه نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن

فرمولاسیون نوشیدنی فراسودمند شاهد به صورت خالص و فاقد شیرین کننده، عصاره زنجبیل و باکتری پروبیوتیک بر پایه مطالعات تهیه گردید. ارزیابی اثر عصاره زنجبیل و جایگزینی استویا با ساکارز در ۹ تیمار مطابق جدول ۱ انجام گرفت. برای تهیه نمونه‌ها، ابتدا شیر جودوسر تهیه شده از مرحله قبلی را با ۱/۵٪پکتین(به منظور پایداری و جلوگیری از ۲ فاز شدن) مخلوط و در دمای ۷۵ درجه به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه گردید؛ و پس از سرد شدن، میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاروم(۱٪) تحت شرایط استریل در شیر جودوسر پاستوریزه شده اضافه گردید و نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد جهت انجام تخمیر گرمخانه گذاری شدند؛ پس از طی این زمان، جهت توقف فرآیند تخمیر، محصول تا دمای یخچال سرد و سپس استویا در سطوح (۲۵، ۵۰، ۷۵٪ وزنی-وزنی) با شکر مورد استفاده جایگزین شده و عصاره زنجبیل با سطوح (۱/۵، ۳، ۴/۵٪ وزنی-حجمی) طبق جدول ۱ اضافه گردید. در نهایت نوشیدنی‌های تخمیر شده فراسودمند در دمای ۱ ± ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند و برای تجزیه و تحلیل در فواصل ۷ روزه تا روز ۲۱ مورد استفاده قرار گرفتند[۲۹].

Table 1. Treatments used to evaluate the effect of stevia and ginger extract

Treatment	Sugars%	Stevia%	Ginger extract%
Control	0	0	0
T1	75	25	1.5
T2	50	50	1.5
T3	25	75	1.5
T4	75	25	3
T5	50	50	3
T6	25	75	3
T7	75	25	4.5
T8	50	50	4.5
T9	25	75	4.5

۴-۲-۲- آزمون‌ها

۱-۴-۲-۲- اندازه گیری بریکس

بریکس(مواد جامد محلول در آب) نمونه‌های تولیدی با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (مدل **PAL-1**، ساخت کشور ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تعیین و براساس یک گرم ساکارز در صد گرم نمونه بیان گردید[۳۰].

۲-۴-۲-۲- اندازه گیری pH

pH نمونه‌های نوشیدنی تولیدی با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (مدل۸۲۷ ، Metrohm، ساخت سوئیس) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بعد از کالیبره کردن دستگاه pH متر به وسیله محلول بافر (pH برابر ۷ و ۴) اندازه‌گیری شد[۳۰].

۳-۴-۲-۲- اندازه گیری اسیدیته

به منظور بررسی اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها، ۱۰ میلی لیتر از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و چند قطره معرف فنل فتالئین به محلول حاصله اضافه و با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا ظاهر شدن رنگ صورتی(pH=۸/۱) تیتر و با استفاده از رابطه زیر میزان اسیدیته نمونه‌ها محاسبه گردید[۳۰].

$$\text{اسیدیته (بر حسب اسیدلاکتیک)} = \frac{0/64 \times \text{حجم سود مصرفی(میلی لیتر)}}{\text{حجم نمونه}}$$

۴-۴-۲-۲- اندازه گیری مواد جامد کل(عصاره خشک)

جهت بررسی مواد جامد کل، ۲۰-۱۰ گرم از نمونه در آون تحت خلا با دمای ۷۰ درجه و تحت فشار کمتر از ۲۵۰ میلیمتر جیوه قرار داده تا نمونه خشک شود؛ سپس از آون خارج پس از خنک شدن وزن گردید، این عمل تا رسیدن به وزن ثابت ادامه داده و سپس براساس رابطه زیر میزان مواد جامد کل را بدست آمد[۳۰].

$$\text{مواد جامد کل} = \frac{W_2 - W_1}{m} \times 100$$

که W_1وزن ظرف خالی، W_2وزن ظرف همراه نمونه خشک شده، m وزن نمونه اولیه است.

۵-۴-۲-۲- اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی مطابق با روش DPPH (۲-۲-دی فنیل۱-پیکریل هیدرازیل) انجام شد. بدین منظور ۳۰۰میکرولیتر(۰/۳ میلی لیتر) از نمونه‌های مورد نظر در حلال متانول ۹۶٪ (۱/۷ میلی لیتر) رقیق گردید و سپس با ۲ میلی‌لیتر از محلول متانولی DPPH(۰/۱ میلی مولار در متانول۹۶٪) مخلوط و ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری شدند. سپس میزان جذب نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد[۳۱]. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها با توجه به فرمول زیر محاسبه گردید:

درصد مهارکنندگی رادیکالDPPH

$$= \frac{A_{Blank} - A_{Sample}}{A_{Blank}} * 100$$

که A_{Blank} جذب نمونه شاهد و A_{Sample} جذب نمونه اصلی است.

۷-۴-۲-۲- اندازه گیری میزان زنده مانی باکتری ها

جهت شمارش باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* از روش پورپلیت و محیط کشت(MRS Agar) استفاده شد. بدین منظور ابتدا ۱۰ میلی لیتر از نمونه به یک کیسه فیلتردار استریل که حاوی ۹۰ میلی لیتر پپتون واتر ۰/۱ درصد بود، منتقل و توسط دستگاه استومیکر به مدت ۶۰ ثانیه همگن و به کمک محلول پپتون واتر ۰/۱ درصد رقت های متوالی تهیه شد؛ سپس ۱ میلی لیتر از رقت های مورد نظر تهیه شده از نمونه ها به صورت کشت سطحی کشت گردید. پلیت‌ها حاصله تحت شرایط بی هوازی و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه گذاری و سپس تعداد سلول های زنده با دستگاه کلنی کانتر در طی مدت زمان نگهداری (۱، ۷، ۱۴ و ۲۱روز) شمارش شد و میزان رشد باکتری به صورت $\log_{10}$ CFU/ml گزارش گردید[۳۲].

۸-۴-۲-۲- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های مختلف نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن حاوی عصاره زنجبیل و شیرین کننده طبیعی استویا شامل رنگ، عطر، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ امتیازی توسط ۲۰ نفر ارزیاب تصادفی در طول مدت زمان نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. شایان ذکر است امتیازدهی به نمونه‌ها با انتخاب یکی از گزینه‌های ۱=غیر قابل قبول، ۲ =نسبتا رضایت بخش، ۳ =متوسط، ۴ =خوب، ۵=عالی توسط داوران انجام شد[۳۳].

۵-۲-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام پذیرفت. همه آزمون‌ها در سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام گرفتند. جهت مقایسه آماری ویژگی‌های نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن بر پایه جو دوسر حاوی عصاره و استویا در طی مدت زمان نگهداری از تجزیه واریانس دو طرفه (Two-Way-ANOVA) استفاده شد. مقایسه‌های آماری در سطح اطمینان ۹۵ ٪ انجام گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد و تمامی نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه گردید.

۳-نتایج و بحث

۱-۳-آنالیز بریکس

نتایج آنالیز واریانس بریکس نوشیدنی‌های فراسودمند فاقد گلوتن حاوی سطوح مختلف عصاره زنجبیل و شیرین کننده استویا در طی مدت زمان نگهداری(۲۱ روز) در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، با افزودن سطوح مختلف عصاره زنجبیل و افزایش درصد جایگزینی استویا با ساکارز میزان بریکس نمونه‌ها به طور معناداری کاهش یافت($P<0.05$). همچنین بریکس نمونه‌های نوشیدنی فاقد گلوتن در طول مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌های تیمار شده روند نزولی داشت؛ بطوریکه با افزایش زمان نگهداری از لحظه تولید تا پس از تخمیر، سطح بریکس به طور قابل توجهی کاهش یافت ولی در روز اول نگهداری به دلیل وجود ساکارز در نمونه افزایش قابل توجهی در بریکس نوشیدنی تولیدی نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد($P<0.05$). با توجه به اینکه جودوسر منبعی غنی از پلی ساکاریدها، قندها، اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات است که باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها می‌شود؛ لذا در طی فرآیند تخمیر توسط باکتری‌ها، قندها به اسیدهای آلی و ترکیبات فرار تبدیل می‌شوند؛ که در نتیجه بریکس به عنوان شاخصی از ترکیبات محلول در آب کاهش می‌یابد و هفته‌ی اول به دلیل وجود استویا وساکارز در نمونه و عدم مصرف توسط میکروارگانیسم‌های لاکتوباسیلوس پلانتاریوم، منجربه افزایش بریکس گردید[۳۴]. از طرفی براساس مطالعات صورت گرفته بریکس نمونه‌ها با افزایش درصد ساکارز افزایش می‌یابد؛ لذا در این تحقیق با جایگزینی استویا با ساکارز(قند غیراحیاکننده) و کاهش میزان ساکارز میزان بریکس نمونه‌ها کاهش یافت[۳۵]؛ همچنین با افزایش عصاره زنجبیل به عنوان ترکیب پری بیوتیک[۳۶-۳۸]، رشد باکتری‌ها و به طبع آن مصرف ترکیبات مغذی افزایش یافته و درنتیجه بریکس نمونه‌ها کاهش یافت؛ همچنین کاهش بریکس با افزودن عصاره زنجبیل می‌تواند به دلیل پایین بودن میزان مواد جامد کل در عصاره زنجبیل نیز باشد[۵]. نتایج مشابهی توسط Fasreen و همکاران(۲۰۱۷)، در نوشیدنی تخمیری برپایه ارزن[۳۹]، Sheikholeslami و همکاران(۲۰۲۲)، با افزودن استویا در آبمیوه مخلوط سیب-لیمو[۴۰] و Ebrahimi Jam و همکاران(۲۰۱۹)، با افزودن عصاره نعناع در نوشیدنی تخمیری بدون گلوتن بر پایه کینوا[۵] گزارش شده است.

۲-۳-آنالیز pH و اسیدیته

نتایج آنالیز واریانس(جدول ۳ و ۴) pH و اسیدیته نوشیدنی‌های فراسودمند فاقد گلوتن حاوی سطوح مختلف عصاره زنجبیل و استویا در طی مدت زمان نگهداری(۲۱ روز) نشان می‌دهد که، میزان pH و اسیدیته نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌های تیمار شده به طور معناداری به ترتیب کاهش و افزایش یافت($P<0.05$)؛ همچنین با افزایش درصد جایگزینی استویا با ساکارز میزان pH نمونه‌ها به طور جزئی افزایش و اسیدیته کاهش یافت($P<0.05$)؛ از طرفی براساس نتایج ارائه شده با افزایش درصد عصاره زنجبیل تا ۳٪ میزان pH نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش و اسیدیته افزایش یافت ولی با افزایش درصد عصاره به ۴/۵٪ افزایشpH مشاهده شد و میزان اسیدیته به طور جزئی کاهش یافت. با توجه به اینکه در تیمارهای تهیه شده از باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاریوم استفاده گردید؛ لذا در نمونه‌های تولیدی میزان pH و اسیدیته تیمارها به ترتیب نسبت به pH (۵/۴۵) و اسیدیته (۰/۲۸) نمونه شاهد کاهش و افزایش یافت. علت کاهش pH و افزایش اسیدیته، در طی مدت زمان نگهداری را می‌توان به دلیل تولید اسید لاکتیک توسط باکتری پروبیوتیک مصرفی و مرگ برخی از باکتری‌ها نسبت داد[۴۱]. همچنین با افزایش درصد زنجبیل به ۳٪ به دلیل اثر سینرژیستی زنجبیل بر رشد باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاریوم و اثر ممانعت کنندگی بر رشد میکروارگانیسم‌های ناخواسته و

فراهم آمدن شرایط مناسب برای رشد باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتاریوم میزان pH کاهش و اسیدیته افزایش یافت ولی در سطوح بالاتر به دلیل خاصیت ضد میکروبی جینجرول موجود در زنجبیل از رشد و فعالیت باکتری‌ها جلوگیری کرده و درنتیجه میزان pH در سطح ۴/۵٪ افزایش یافت[۱۷]. از طرفی افزایش pH و کاهش اسیدیته در طی جایگزینی شکر با استویا را می‌توان به کاهش واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد به دلیل کاهش میزان ساکارز و افزایش قند غیراحیا و همچنین عدم توانایی شرکت قندهای استویا(استویوزیدی) در واکنش‌های تخمیری نسبت داد[۴۰]. نتایج مشابهی در این خصوص توسط Mashau و همکاران(۲۰۲۰)، در نوشیدنی تخمیر شده غیر الکلی mahewu با افزودن پودر آلوئه ورا[۴۲]، Alizadeh و همکاران(۲۰۲۱)، با افزودن استویا و اینولین در نکتار انبه حاوی باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاریوم[۴۳] و Haji Ghafarloo و همکاران(۲۰۲۰)، دوغ سین بیوتیک حاوی عصاره زنجبیل[۱۷] عنوان شده است.

۳-۳-آنالیز مواد جامد کل

نتایج آنالیز واریانس مواد جامد کل نوشیدنی‌های تولیدی در طی مدت زمان نگهداری(۲۱ روز) در جدول ۵ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، در طی مدت زمان نگهداری میزان مواد جامد کل(ماده خشک) به طور معناداری کاهش یافت($P<0.05$). همچنین با افزایش سطوح جایگزینی استویا با ساکارز و افزودن سطوح مختلف عصاره زنجبیل میزان مواد جامد کل به طور معناداری در تمامی زمان‌ها کاهش یافت($P<0.05$). مطابق نتایج حاصله علت کاهش ماده خشک در طی مدت زمان نگهداری و با افزودن عصاره زنجبیل را می‌توان به رشد و فعالیت باکتری ها و مصرف ترکیبات مغذی توسط باکتری‌های پروبیوتیک مورد استفاده در فرمولاسیون نسبت داد[۵]؛ و با توجه به اینکه با جایگزینی استویا با ساکارز، میزان ساکارز مصرفی در فرمولاسیون کاهش یافته و از طرفی به دلیل شیرینی بیشتر استویا و درنتیجه مصرف کمتر استویا نسبت به ساکارز میزان مواد جامد کل کاهش یافت[۴۴]. نتایج مشابهی توسط Ahmad و همکاران(۲۰۱۹)، با افزودن استویا در نوشیدنی هلو[۴۵]، Hatami و همکاران(۲۰۲۱)، با افزودن عصاره سبوس برنج و عسل در نوشیدنی پروبیوتیک[۴۶] بیان کرده اند.

۴-۳-آنالیز ظرفیت آنتی اکسیدانی

نتایج آنالیز واریانس ظرفیت آنتی اکسیدانی نوشیدنی‌های پروبیوتیک فاقد گلوتن تولیدی در طی مدت زمان نگهداری(۲۱ روز) در جدول ۶ نشان شده است. مطابق نتایج ارائه شده، با افزودن سطوح مختلف عصاره زنجبیل و افزایش درصد جایگزینی استویا با ساکارز میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها در تمامی زمان‌ها به طور معناداری افزایش یافت($P<0.05$). همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های نوشیدنی فاقد گلوتن در طول مدت زمان نگهداری در تمامی نمونه‌های تیمار شده روند نزولی داشت($P<0.05$). عصاره حاصل از زنجبیل محتوی ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانی بالایی بوده که مهم‌ترین ترکیب آنتی اکسیدانی زنجبیل 6-Gingerol و مشتقات آن می‌باشد[۴۷] و از طرفی بالا بودن ترکیبات آنتی اکسیدانی فنولی در شیرین کننده استویا مورد استفاده در فرمولاسیون منجربه افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها گردید[۴۸]؛ بطوریکه در نمونه‌های حاوی سطوح بالایی از هردو ترکیب میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی بیشتر از نمونه‌های دیگر بود. همچنین علت کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی در طی مدت زمان نگهداری می‌تواند به دلیل تغییرات اکسیداتیو ناشی از اکسیژن حل شده درنوشیدنی باشد که بدین ترتیب اکسیداسیون ترکیبات فنولیک توسط آنزیم پلی فنولاکسیداز و واکنش سایر ترکیبات ضداکسایشی با رادیکال‌های آزاد سرعت یافته و همچنین افزایش جذب و تعامل ترکیبات فنولی با پروتئین‌های ساختار نوشیدنی تولیدی منجربه کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی می گردد[۴۹]. نتایج در تطابق با نتایج Chen و همکاران(۲۰۱۸)، در بررسی ظرفیت آنتی اکسیدانی آبمیوه پاپایا تخمیری در طی نگهداری[۵۰]، Teneva و همکاران(۲۰۲۲)، افزودن عصاره گیاهان دارویی(lady's mantle, lavender, rosehip, meadowsweet) در نکتار آرونیا[۵۱] و Apriliyanti و همکاران(۲۰۲۱)، نوشیدنی حاوی پوست ملینجو، برگ نعنا و برگ استویا [۵۲] بود.

Table 2. The effect of different levels of ginger extract and stevia on brix content of gluten-free functional beverages during the storage period

Treatment/Day	1th day	7th day	14th day	21th day
Control	8/11±0/001^{Aj}	8/11±0/001^{Aj}	8/10±0/002^{Aj}	8/10±0/001^{Aj}
1.5%Ginger extract/ 25%Stevia	12/25 ±0/003^{Aa}	12/22 ±0/003^{Ba}	12/18 ±0/001^{Ca}	12/01 ±0/001Da
1.5%Ginger extract/ 50%Stevia	12/20 ± 0/001^{Ac}	12/16 ±0/002^{Bc}	12/10 ±0/002^{Cc}	11/94±0/003 ^{Dc}
1.5%Ginger extract/ 75%Stevia	12/17 ±0/002^{Ad}	12/11 ±0/001^{Be}	12/02±0/003^{Cf}	11/86 ± 0/002 ^{Df}
3%Ginger extract/ 25%Stevia	12/21 ± 0/001^{Ab}	12/19 ±0/002^{Bb}	12/13 ±0/03^{Cb}	11/96 ± 0/001 ^{Db}
3%Ginger extract/ 50%Stevia	12/15 ± 0/001^{Af}	12/12 ±0/001^{Bd}	12/07 ±0/002^{Cd}	11/87 ± 0/001 ^{De}
3%Ginger extract/ 75%Stevia	12/08 ±0/003^{Ah}	12/00 ±0/002^{Bh}	11/92 ±0/004^{Cg}	11/83 ± 0/002^{Dg}
4.5%Ginger extract/ 25%Stevia	12/16±0/003^{Ae}	12/10 ±0/003^{Bf}	12/04 ± 0/002 ^{Ce}	11/89 ± 0/003 ^{Dd}
4.5%Ginger extract/ 50%Stevia	12/09 ± 0/002 ^{Ag}	12/03 ±0/001^{Bg}	11/90 ±0/001^{Ch}	11/81 ± 0/004 ^{Dh}
4.5%Ginger extract/ 75%Stevia	11/95 ±0/001^{Ai}	11/82 ±0/004^{Bi}	11/76 ٠±/003^{Ci}	11/74 ± 0/001^{Di}

Different capital letters in each row indicate significant differences between different days.
Different small letters in each column indicate significant differences for different treatments.

Table 3. The effect of different levels of ginger extract and stevia on pH content of gluten-free functional beverages during the storage period

Treatment/Day	1th day	7th day	14th day	21th day
Control	5/45±0/01^{Aa}	5/44±0/01^{Aa}	5/44±0/01^{Aa}	5/43±0/02^{Aa}
1.5%Ginger extract/ 25%Stevia	3/65 ±0/03^{Ag}	3/43 ±0/02^{Bj}	3/35 ±0/02^{Cj}	3/24 ±0/01^{Dj}
1.5%Ginger extract/ 50%Stevia	3/68 ± 0/02^{Af}	3/50 ±0/01^{Bh}	3/39 ±0/02^{Ch}	3/30±0/03 ^{Dh}
1.5%Ginger extract/ 75%Stevia	3/71 ±0/01^{Ae}	3/54 ±0/01^{Bg}	3/42±0/01^{Cg}	3/36 ± 0/02 ^{Df}
3%Ginger extract/ 25%Stevia	3/56 ± 0/02^{Aj}	3/48 ±0/03^{Bi}	3/37 ±0/01^{Ci}	3/28 ± 0/01 ^{Di}
3%Ginger extract/ 50%Stevia	3/60 ± 0/01^{Ai}	3/57 ±0/02^{Bf}	3/45 ±0/02^{Cf}	3/34 ± 0/03 ^{Dg}
3%Ginger extract/ 75%Stevia	3/63 ±0/04^{Ah}	3/69 ±0/01^{Be}	3/58 ±0/01^{Ce}	3/41 ± 0/02De
4.5%Ginger extract/ 25%Stevia	3/78±0/01^{Ad}	3/70 ±0/03^{Bd}	3/61 ± 0/03^{Cd}	3/54 ± 0/01 ^{Dd}
4.5%Ginger extract/ 50%Stevia	3/84 ± 0/02 ^{Ac}	3/75 ±0/01^{Bc}	3/67 ±0/01^{Cc}	3/59 ± 0/02 ^{Dc}
4.5%Ginger extract/ 75%Stevia	3/89 ±0/02^{Ab}	3/81 ±0/01^{Bb}	3/74 ٠±/02^{Cb}	3/64 ± 0/01^{Db}

Different capital letters in each row indicate significant differences between different days.
Different small letters in each column indicate significant differences for different treatments.

Table 4. The effect of different levels of ginger extract and stevia on acidity content of gluten-free functional beverages during the storage period

Treatment/Day	1th day	7th day	14th day	21th day
Control	0/29±0/01^{Aj}	0/29±0/01^{Aj}	0/29±0/01^{Aj}	0/28±0/02^{Aj}
1.5%Ginger extract/ 25%Stevia	0/51 ±0/02^{Ab}	0/57 ±0/03^{Bc}	0/62 ±0/01^{Cc}	0/68 ±0/02^{Dc}
1.5%Ginger extract/ 50%Stevia	0/44 ± 0/01^{Ae}	0/50 ±0/02^{Be}	0/56 ±0/02^{Ce}	0/61±0/03 ^{Df}
1.5%Ginger extract/ 75%Stevia	0/39 ±0/01^{Ag}	0/43 ±0/03^{Bg}	0/49±0/02^{Ch}	0/54 ± 0/02 ^{Di}
3%Ginger extract/ 25%Stevia	0/55 ± 0/02^{Aa}	0/60 ±0/03^{Ba}	0/66 ±0/01^{Cb}	0/71 ± 0/01 ^{Db}
3%Ginger extract/ 50%Stevia	0/49 ± 0/01^{Ac}	0/53 ±0/02^{Bd}	0/60 ±0/01^{Cd}	0/64 ± 0/03 ^{De}
3%Ginger extract/ 75%Stevia	0/42 ±0/04^{Af}	0/48 ±0/01^{Bf}	0/52±0/01^{Cg}	0/58 ± 0/01^{Dh}
4.5%Ginger extract/ 25%Stevia	0/47±0/01^{Ad}	0/58 ±0/02^{Bb}	0/69 ± 0/03^{Ca}	0/72 ± 0/03 ^{Da}
4.5%Ginger extract/ 50%Stevia	0/38 ± 0/03 ^{Ah}	0/41 ±0/01^{Bh}	0/54 ±0/01^{Cf}	0/67 ± 0/02 ^{Dd}
4.5%Ginger extract/ 75%Stevia	0/32±0/02^{Ai}	0/37 ±0/02^{Bi}	0/45 ٠±/01^{Ci}	0/59 ± 0/02^{Dg}

Different capital letters in each row indicate significant differences between different days.
Different small letters in each column indicate significant differences for different treatments.

Table 5. The effect of different levels of ginger extract and stevia on total solids content of gluten-free functional beverages during the storage period

Treatment/Day	1th day	7th day	14th day	21th day
Control	7/82±0/001^{Aj}	7/82±0/002^{Aj}	7/82±0/002^{Aj}	7/81±0/001^{Aj}
1.5%Ginger extract/ 25%Stevia	11/15 ±0/02^{Aa}	10/66 ±0/02^{Ba}	10/25 ±0/01^{Ca}	10/12 ±0/02Da
1.5%Ginger extract/ 50%Stevia	10/78 ± 0/03^{Ac}	10/34 ±0/03^{Bc}	10/18 ±0/02^{Cb}	9/81±0/01 ^{Dc}
1.5%Ginger extract/ 75%Stevia	10/51 ±0/02^{Af}	10/22 ±0/02^{Be}	10/09±0/03^{Cd}	9/62 ± 0/02 ^{Dd}
3%Ginger extract/ 25%Stevia	11/01 ± 0/01^{Ab}	10/43 ±0/01^{Bb}	10/11 ±0/02^{Cc}	9/84 ± 0/03 ^{Db}
3%Ginger extract/ 50%Stevia	10/59 ± 0/01^{Ae}	10/21 ±0/01^{Bf}	9/74 ±0/04^{Cf}	9/57 ± 0/01 ^{Df}
3%Ginger extract/ 75%Stevia	10/37 ±0/04^{Ag}	9/91 ±0/02^{Bh}	9/53 ±0/03^{Ch}	9/28 ± 0/04^{Dh}
4.5%Ginger extract/ 25%Stevia	10/73±0/03^{Ad}	10/30 ±0/02^{Bd}	9/86 ± 0/02 ^{Ce}	9/61 ± 0/02 ^{De}

4.5%Ginger extract/ 50%Stevia	$10/34 \pm 0/01^{Ah}$	$10/08 \pm 0/03^{Bg}$	$9/59 \pm 0/01^{Cg}$	$9/33 \pm 0/01^{Dg}$
4.5%Ginger extract/ 75%Stevia	$10/19 \pm 0/02^{Ai}$	$9/66 \pm 0/04^{Bi}$	$9/41 \cdot \pm 0/01^{Ci}$	$9/18 \pm 0/03^{Di}$

Different capital letters in each row indicate significant differences between different days.
Different small letters in each column indicate significant differences for different treatments.

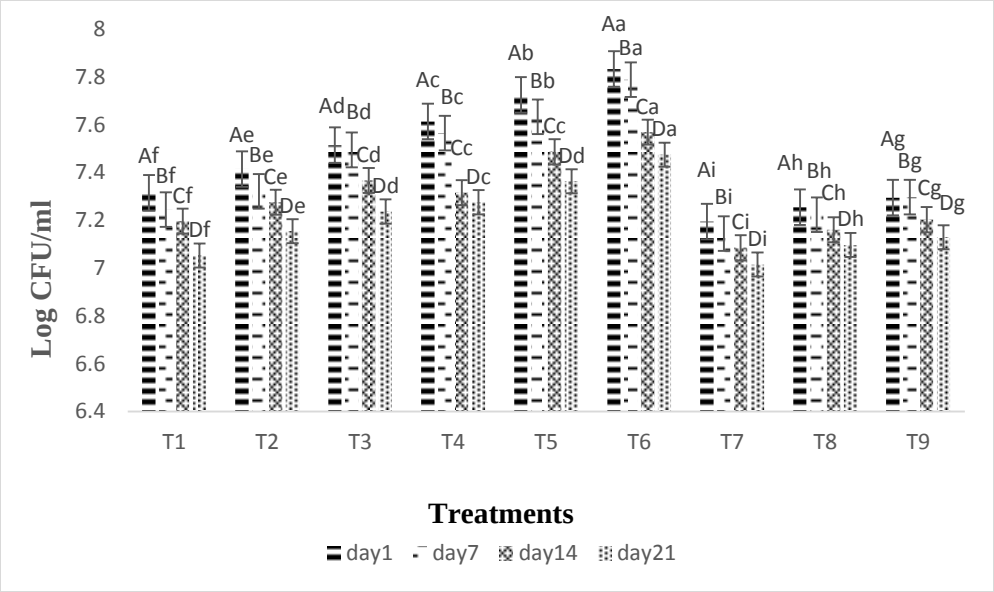
Table 6. The effect of different levels of ginger extract and stevia on DPPH content of gluten-free functional beverages during the storage period

Treatment/ Day	**1th day**	**7th day**	**14th day**	**21th day**
Control	$21/13 \pm 0/01^{Aj}$	$19/54 \pm 0/02^{Bj}$	$16/35 \pm 0/04^{Cj}$	$12/57 \pm 0/03^{Dj}$
1.5%Ginger extract/ 25%Stevia	$41/92 \pm 0/09^{Ai}$	$36/54 \pm 0/08^{Bi}$	$30/43 \pm 0/09^{Ci}$	$25/43 \pm ۰/۹^{Di}$
1.5%Ginger extract/ 50%Stevia	$46/20 \pm 0/08^{Ah}$	$41/01 \pm 0/012^{Bh}$	$36/14 \pm 0/08^{Ch}$	$31/35 \pm 0/07^{Dh}$
1.5%Ginger extract/ 75%Stevia	$52/49 \pm 0/06^{Af}$	$47/44 \pm 0/08^{Bf}$	$42/35 \pm 0/09^{Cf}$	$37/20 \pm 0/04^{Df}$
3%Ginger extract/ 25%Stevia	$48/72 \pm 0/17^{Ag}$	$45/45 \pm 0/015^{Bg}$	$40/30 \pm 0/17^{Cg}$	$34/43 \pm 0/09^{Dg}$
3%Ginger extract/ 50%Stevia	$56/67 \pm 0/09^{Ae}$	$53/45 \pm 0/01^{Be}$	$46/30 \pm 0/9^{Ce}$	$39/43 \pm 0/07^{De}$
3%Ginger extract/ 75%Stevia	$64/20 \pm 0/14^{Ad}$	$59/38 \pm 0/10^{Bd}$	$54/24 \pm 0/05^{Cc}$	$47/43 \pm 0/06^{Dc}$
4.5%Ginger extract/ 25%Stevia	$66/30 \pm 0/09^{Ac}$	$62/54 \pm 0/08^{Bc}$	$51/43 \pm 0/09^{Cd}$	$44/43 \pm 0/08^{Dd}$
4.5%Ginger extract/ 50%Stevia	$79/23 \pm 0/06^{Ab}$	$70/51 \pm 0/012^{Bb}$	$63/41 \pm 0/08^{Cb}$	$54/63 \pm 0/05^{Db}$
4.5%Ginger extract/ 75%Stevia	$86/10 \pm 0/09^{Aa}$	$79/44 \pm 0/01^{Ba}$	$72/35 \cdot \pm 0/2^{Ca}$	$60/51 \pm 0/9^{Da}$

Different capital letters in each row indicate significant differences between different days.
Different small letters in each column indicate significant differences for different treatments.

۵-۳-آنالیز میزان زنده مانی باکتری‌ها

نتایج آنالیز واریانس حاصل از بررسی زنده مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاریوم در نوشیدنی‌های فراسودمند فاقد گلوتن حاوی سطوح مختلف عصاره زنجبیل و استویا در طی مدت زمان نگهداری(۲۱ روز) در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، در طی مدت زمان نگهداری میزان زنده مانی باکتری‌ها به طور معناداری کاهش یافت($P<0.05$)؛ که می‌تواند به دلیل کاهش pH محیط و افزایش اسید و تولید هیدروژن پراکسید در اثر تخمیر و فعالیت باکتری‌ها باشد و از طرفی با وجود کاهش باکتری‌ها میزان باکتری‌های زنده در طی مدت زمان نگهداری در محدوده استاندارد($۱۰^{۸}$-$۱۰^{۷}$ واحد لگاریتمی در هر میلی لیتر) حفظ گردید. همچنین با افزایش سطوح درصد عصاره زنجبیل تا ۳٪ اثر مثبت و سینرژیستی بر رشد باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتاریوم نشان داده شد که به دلیل خاصیت پری‌بیوتیکی عصاره زنجبیل می‌باشد؛ ولی در سطح ۴/۵٪ به دلیل خاصیت ضدمیکروبی اثر کاهشی بر میزان باکتری‌ها مشاهده گردید[۱۷]. از طرفی جایگزینی سطوح بالای استویا در فرمولاسیون نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن میزان زنده مانی باکتری‌ها به طور معناداری افزایش یافت($P<0.05$)؛ که به دلیل بالا بودن ظرفیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولیک در این ترکیبات است[۴۳]. نتایج مشابهی توسط Ozdemir و همکاران(۲۰۲۰)، با افزودن استویا و ترکیبات زیست فعال چغندرقند در شیر تخمیری ارائه شده است[۵۳]. همچنین Shariati و همکاران(۲۰۲۰)، بیان کردند که با افزودن عصاره گشنیز و صمغ دانه شاهی در دوغ تخمیر شده با لاکتوباسیلوس پلانتاریوم میزان زنده مانی باکتری ها افزایش یافت[۵۴].

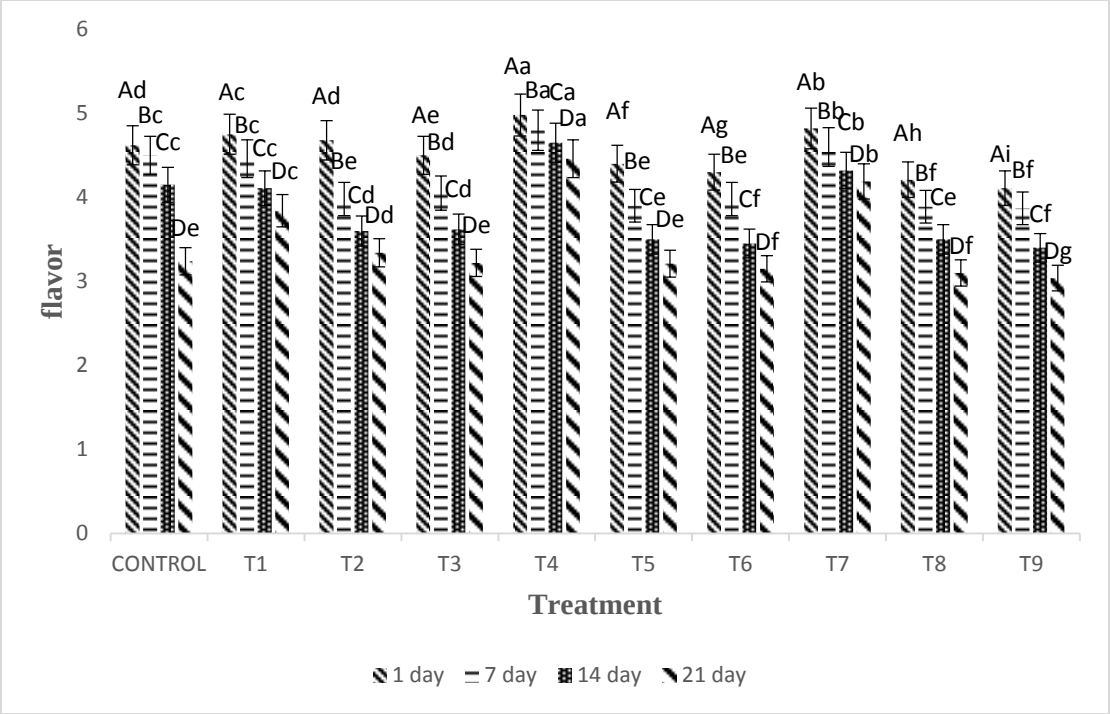


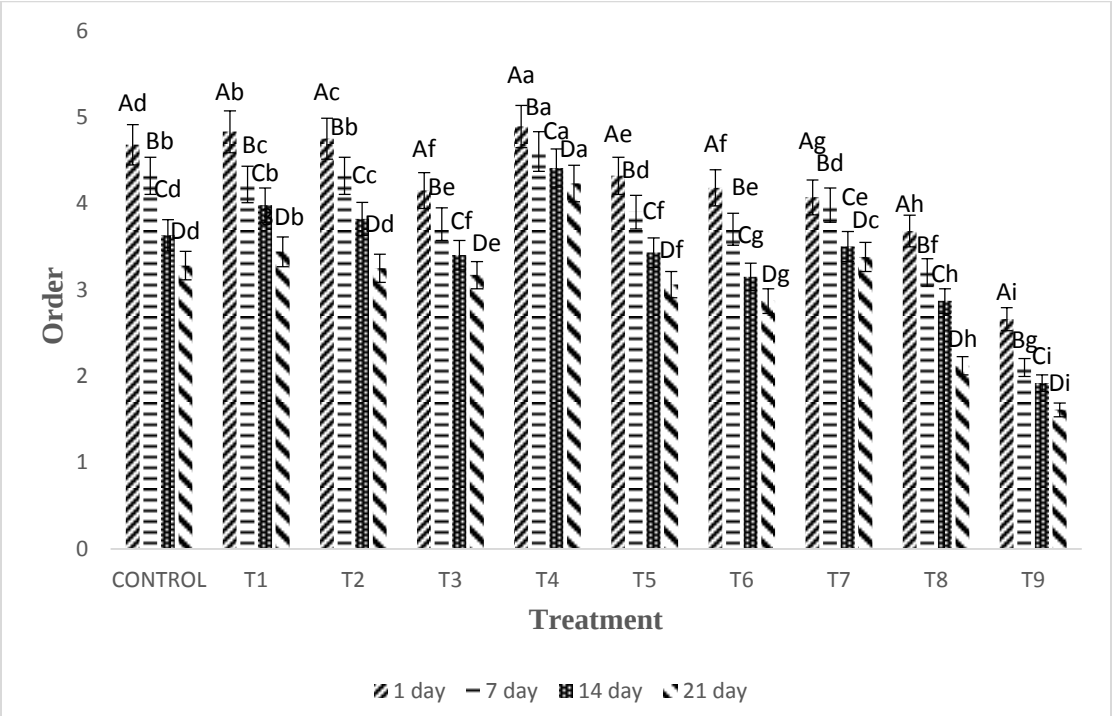
Different capital letters indicate significant differences between different days.
Different small letters indicate significant differences for different treatments.

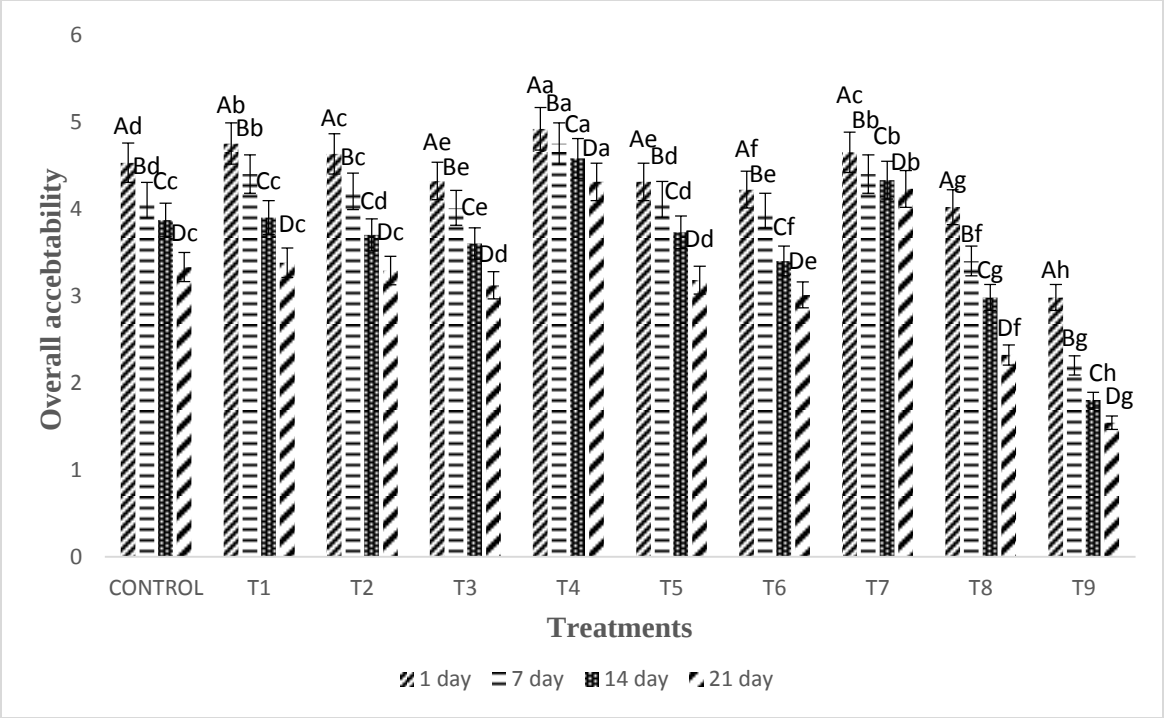
Figure 1. The effect of different levels of ginger extract and stevia on the survival rate of bacteria in gluten-free functional beverages during the storage period

۶-۳-آنالیز حسی

نتایج تغییرات و آنالیز واریانس ارزیابی حسی شامل طعم، بو و پذیرش کلی نوشیدنی‌های فراسودمند فاقد گلوتن تولیدی در طی مدت زمان نگهداری در شکل ۲ ارائه شده است؛ براساس نتایج بدست آمده با افزایش درصد جایگزینی استویا با ساکارز ارزیابی حسی نمونه‌ها در تمامی فاکتورهای مورد بررسی به طور معناداری کاهش یافت($P<0.05$)؛ ولی با افزایش سطوح عصاره زنجبیل تا ۳٪ ارزیابی حسی نمونه ها به طور معناداری افزایش و سپس کاهش یافت. بطوریکه کمترین امتیاز به نمونه‌های حاوی سطوح بالای عصاره زنجبیل و استویا به دلیل طعم تلخ ایجاد شده تعلق گرفت. از طرفی نمونه‌های حاوی ۳٪ عصاره زنجبیل و جایگزینی ۲۵٪ استویا با ساکارز بیشترین امتیاز را در تمامی بخش‌های مورد بررسی(طعم، بو و پذیرش کلی) دریافت کرد. نتایج مشابهی در خصوص ارزیابی حسی توسط Rocha و همکاران(۲۰۱۵)، با افزودن استویا در آب پشن فروت[۵۵] و Aiello و همکاران(۲۰۲۰)، با افزودن عصاره زنجبیل و دارچین در کفیر[۵۶] عنوان شده است. با افزایش زمان نگهداری نیز ویژگی‌های حسی نوشیدنی ها به طور معناداری کاهش یافت ولی با این وجود در روز ۲۱ ام نمونه حاوی ۳٪ عصاره زنجبیل و جایگزینی ۲۵٪ استویا با ساکارز بیشترین امتیاز را دریافت کرد.


flavor
Treatment
CONTROL
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
1 day
7 day
14 day
21 day


Order
Treatment
CONTROL
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
1 day
7 day
14 day
21 day



Different capital letters indicate significant differences between different days.
Different small letters indicate significant differences for different treatments.

Figure 2. The effect of different levels of ginger extract and stevia on sensory evaluation of gluten-free functional beverages during the storage period

۴- نتیجه گیری کلی

در طی سال‌های اخیر به دلیل رژیم غذایی نامناسب خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن افزایش یافته است؛ لذا نیاز به توسعه غذاهای ایمن و غنی شده با مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال به منظور پیشگیری و کنترل بیماری‌ها بسیار مورد توجه محققان و صنعت گران قرار گرفته است؛ لذا در این پژوهش نوشیدنی فراسودمند فاقد گلوتن بر پایه جودوسر حاوی عصاره زنجبیل و شیرین کننده استویا تهیه و خواص آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که در طی مدت زمان نگهداری در تمامی تیمارهای مورد بررسی میزان بریکس، ماده جامد کل، pH و ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور معناداری کاهش و میزان اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافت($P<0.05$). افزودن عصاره زنجبیل منجربه کاهش میزان بریکس، ماده جامد کل و pH نمونه‌های نوشیدنی تولیدی و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و اسیدیته نمونه‌ها گردید؛ همچنین جایگزینی استویا با ساکارز منجربه کاهش بریکس، ماده جامد کل، اسیدیته شد ولی میزان pH و ظرفیت آنتی اکسیدانی به طور معناداری افزایش یافتند. نتایج بررسی زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاریوم نشان داد که با وجود کاهش باکتری‌ها میزان باکتری‌های زنده در محدوده استاندارد حفظ گردید. براساس نتایج ارزیابی حسی نیز نمونه‌ی حاوی۳٪ عصاره زنجبیل و ۲۵٪ استویا از نظر ارزیابان امتیاز بالاتری کسب کرد. در نهایت براساس تمامی نتایج حاصله می-توان نتیجه گرفت که نمونه حاوی ۳٪ عصاره زنجبیل و ۲۵٪ شیرین کننده استویا از لحاظ خواص فیزیکوشیمیایی،حسی و زنده مانی باکتری‌ها نمونه مطلوبی بوده و می‌توان به عنوان یک نوشیدنی فراسودمند مفید با خواص تغذیه‌ای بالا تولید کرد.

۵- منابع

[1] Maleš, I., et al., *The medicinal and aromatic plants as ingredients in functional beverage production.* Journal of Functional Foods, 2022. **96**: p. 105210.

[2] Rodino, S. and M. Butu, *Herbal extracts—new trends in functional and medicinal beverages*, in *Functional and medicinal beverages*. 2019, Elsevier. p. 73-108.

[3] Tolun, A. and Z. Altintas, *Medicinal properties and functional components of beverages*, in *Functional and medicinal beverages*. 2019, Elsevier. p. 235-284.

[4] Khalaf, A.T., et al., *What Is new in the preventive and therapeutic Role of dairy products as nutraceuticals and functional foods?* BioMed research international, 2021. **2021**: p. 1-9.

[5] Ebrahimi Jam, S., S. Zarringhalami, and A. Ganjloo, *Quinoa–based gluten–free fermented beverage Production using probiotic bacteria*. Journal of Food Research, 2019. **29**(1): p. 27-42.

[6] Alemneh, S.T., S.A. Emire, and B. Hitzmann, *Teff-based probiotic functional beverage fermented with Lactobacillus Rhamnosus and Lactobacillus Plantarum.* Foods, 2021. **10**(10): p. 2333.

[7] Chavan, M., et al., *Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume.* LWT, 2018. **91**: p. 339-344.

[8] Seddik, H.A., et al., *Lactobacillus plantarum and its probiotic and food potentialities.* Probiotics and Antimicrobial Proteins, 2017. **9**: p. 111-122.

[9] Nouri, S., S. Nazeri, and P. Hosseyni, *Biochemical and molecular identification of probiotic bacteria.* Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology), 2018. **31**(1): p. 106-113.

[10] Dahiya, D. and P.S. Nigam, *Nutrition and health through the use of probiotic strains in fermentation to produce non-dairy functional beverage products supporting gut microbiota*. Foods, 2022. **11**(18): p. 2760.

[11] Mousavi, M.H., et al., *Production and characterization of nondairy gluten-free fermented beverage based on buckwheat and lentil.* Food Science & Nutrition, 2022.

[12] Lavini, A., et al., *The Effect of Elaeagnus angustifolia (oleaster) powder on physicochemical, textural and sensory properties of gluten free bread.* Journal of food science and technology (Iran), 2022. **18**(119): p. 1-15.

[13] Paudel, D., et al., *A review of health-beneficial properties of oats.* Foods, 2021. **10**(11): p. 2591.

[14] Shvachko, N.A., et al., *Bioactive components in oat and barley grain as a promising breeding trend for functional food production.* Molecules, 2021. **26**(8): p. 2260.

[15] Joyce, S.A., et al., *The cholesterol-lowering effect of oats and oat beta glucan: modes of action and potential role of bile acids and the microbiome.* Frontiers in nutrition, 2019. **6**: p. 171.

[16] Morvaridzadeh, M., et al., *Effect of ginger (Zingiber officinale) supplementation on oxidative stress parameters: a systematic review and meta-analysis.* Journal of Food Biochemistry, 2021. **45**(2): p. e13612.

[17] Haji Ghafarloo, M., M. Jouki, and M. Tabari, *Production and characterization of synbiotic Doogh, a yogurt-based Iranian drink by gum arabic, ginger extract and B. bifidum.* Journal of food science and technology, 2020. **57**: p. 1158-1166.

[18] Afi, L., L. Roufegarinejad, and M. Soofi, *Investigating the effect of sugar replacement with sorbitol as low-caloric sweetener on the physicochemical and sensory characteristics of strawberry marmalade.* Journal of food science and technology (Iran), 2019. **16**(88): p. 161-172.

[19] Cosson, P., et al., *Genetic diversity and population structure of the sweet leaf herb, Stevia rebaudiana B., cultivated and landraces germplasm assessed by EST-SSRs genotyping and steviol glycosides phenotyping.* BMC plant biology, 2019. **19**(1): p. 1-11.

[20] Yildiz, M. and M. Karhan, *Characteristics of some beverages adjusted with stevia extract, and persistence of steviol glycosides in the mouth after consumption.* International Journal of Gastronomy and Food Science, 2021. **24**: p. 100326.

[21] Salar, F.J., et al., *Stevia vs. Sucrose: Influence on the phytochemical content of a citrus–maqui beverage—a shelf life study.* Foods, 2020. **9**(2): p. 219.

[22] Samuel, P., et al., *Stevia leaf to stevia sweetener: exploring its science, benefits, and future potential.* The Journal of nutrition, 2018. **148**(7): p. 1186S-1205S.

[23] Kim, B.R., et al., *Characteristics of Sunsik, a cereal-based ready-to-drink Korean beverage, with added germinated wheat and herbal plant extract.* Foods, 2020. **9**(11): p. 1654.

[24] Korshunova, N., et al. *Fermentation of an oat drink enriched with sunflower root inulin*. in *BIO Web of Conferences*. 2022. EDP Sciences.

[25] Sharma, R., et al., *Optimization of apricot (Prunus armeniaca L.) blended Aloe vera (Aloe barbadensis M.) based low-calorie beverage functionally enriched with aonla juice (Phyllanthus emblica L.).* Journal of Food Science and Technology, 2021: p. 1-12.

[26] Aparicio-García, N., et al., *Production and characterization of a novel gluten-free fermented beverage based on sprouted oat flour.* Foods, 2021. **10**(1): p. 139.

[27] Sayadi, M., A. Mojaddar Langroodi, and D. Jafarpour, *Impact of zein coating impregnated with ginger extract and Pimpinella anisum essential oil on the shelf life of bovine meat packaged in modified atmosphere.* Journal of Food Measurement and Characterization, 2021. **15**(6): p. 5231-5244.

[28] Liu, W., et al., *Effects of germinated and ungerminated grains on the production of non-dairy probiotic-fermented beverages.* Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 2022. **14**(2): p. 32-39.

[29] Kaur, I. and B. Tanwar, *Quinoa beverages: Formulation, processing and potential health benefits.* Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases, 2016. **23**(2): p. 215-225.

[30] Committee, A.A.o.C.C.A.M., *Approved methods of the American association of cereal chemists*. Vol. 1. 2000: Amer Assn of Cereal Chemists.

[31] Najafi, A., et al., *Electrospun hydrophobe nanofibrous membrane based on polysulfone/Triton x-100: A novel vehicle to concentrate pomegranate juice.* Journal of Food Process Engineering, 2020. **43**(10): p. e13493.

[32] Amin Moghadasi, A., *Investigating the possibility of probiotic production base on Celery and Blackberry beverages by using Lactobacillus plantarum.* Journal of food science and technology (Iran), 2019. **16**(91): p. 157-167.

[33] Galetović, A., et al., *Use of phycobiliproteins from atacama cyanobacteria as food colorants in a dairy beverage prototype.* Foods, 2020. **9**(2): p. 244.

[34] Asadzadeh, A., et al., *Production of oat bran functional probiotic beverage using Bifidobacterium lactis.* Journal of Food Measurement and Characterization, 2021. **15**: p. 1301-1309.

[35] Ghadimi, M., B. Akbari-Adergani, and B. Khorshidpour, *The Investigation of the Effect of the Substitution of Sucrose with Natural Stevia Sweetener on Sensory and Physicochemical Properties of a Carbonated Orange Soft Drink.* Journal of Health System Research, 2017. **12**(4): p. 498-505.

[36] Babu, K.N., et al., *Phytochemicals, polyphenols, prebiotic effect of Ocimum sanctum, Zingiber officinale, Piper nigrum extracts.* Journal of herbal medicine, 2018. **13**: p. 42-51.

[37] Lu, Q.Y., et al., *Prebiotic potential and chemical composition of seven culinary spice extracts.* Journal of food science, 2017. **82**(8): p. 1807-1813.

[38] Wang, J., et al., *Assessing the effects of ginger extract on polyphenol profiles and the subsequent impact on the fecal microbiota by simulating digestion and*

fermentation in vitro. Nutrients, 2020. **12**(10): p. 3194.

[39] Fasreen, M., O. Perera, and H. Weerahewa, *Development of finger millet based probiotic beverage using Lactobacillus casei431*. 2017.

[40] Sheikholeslami, M. and M. Jalali, *The effect of date liquid sugar and stevia extract as a sugar substitute on the quality characteristics of apple-lemon juice.* Journal of food science and technology (Iran), 2022. **19**(126): p. 175-191.

[41] Ryan, J., et al., *Microbial, physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks.* International Journal of Dairy Technology, 2020. **73**(1): p. 182-190.

[42] Mashau, M.E., A.I.O. Jideani, and L.L. Maliwichi, *Evaluation of the shelf-life extension and sensory properties of mahewu–A non-alcoholic fermented beverage by adding Aloe vera (Aloe barbadensis) powder*. British Food Journal, 2020. **122**(11): p. 3419-3432.

[43] Alizadeh, A., *Mango nectar as a substrate for L. Plantarum: effect of stevia and inulin on probiotic viability and physico-chemical properties of the synbiotic product.* Journal of Food Measurement and Characterization, 2021. **15**(5): p. 4226-4232.

[44] Sukhmani, G., et al., *Natural sweeteners: health benefits of stevia*. Foods and raw materials, 2018. **6**(2): p. 392-402.

[45] Ahmad, U., et al., *Characterization of low calorie ready-to-serve peach beverage using natural sweetener, Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni).* Progress in Nutrition, 2019. **21**: p. 435-444.

[46] Hatami, S., et al., *Chemical and sensorial properties of probiotic beverage based on rice bran extract and honey*. Biomass Conversion and Biorefinery, 2021: p. 1-6.

[47] Zahid, N.A., H.Z. Jaafar, and M. Hakiman, *Micropropagation of ginger (Zingiber officinale Roscoe)'Bentong'and evaluation of its secondary metabolites and antioxidant activities compared with the conventionally propagated plant.* Plants, 2021. **10**(4): p. 630.

[48] Myint, K.Z., et al., *Polyphenols from Stevia rebaudiana (Bertoni) leaves and their functional properties.* Journal of food science, 2020. **85**(2): p. 240-248.

[49] Escudero-López, B., et al., *Fermented orange juice: Source of higher carotenoid and flavanone contents.* Journal of agricultural and food chemistry, 2013. **61**(37): p. 8773-8782.

[50] Chen, R., et al., *Comparative evaluation of the antioxidant capacities, organic acids, and volatiles of papaya juices fermented by Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus plantarum.* Journal of food quality, 2018. **2018**.

[51] Teneva, D., et al., *Addition of medicinal plants increases antioxidant activity, color, and anthocyanin stability of black chokeberry (Aronia melanocarpa) functional beverages.* Plants, 2022. **11**(3): p. 243.

[52] Apriliyanti, M., et al. *Antioxidant activity and sensory properties in packaged beverages with melinjo peel, mint leaves, and stevia leaves formulations*. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. IOP Publishing.

[53] Ozdemir, T. and T. Ozcan, *Effect of steviol glycosides as sugar substitute on the probiotic fermentation in milk gels enriched with red beetroot (Beta vulgaris L.) bioactive compounds.* Lwt, 2020. **134**: p. 109851.

[54] Shariati, Z., M. Jouki, and F. Rafiei, *Flavored functional drinking yogurt (Doogh) formulated with Lactobacillus plantarum LS5, cress seed gum, and coriander leaves extract.* Food science & nutrition, 2020. **8**(2): p. 894-902.

[55] Rocha, I.F.d.O. and H.M.A. Bolini, *Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance.* Food science & nutrition, 2015. **3**(2): p. 129-139.

[56] Aiello, F., et al., *Improving kefir bioactive properties by functional enrichment with plant and agro-food waste extracts.* Fermentation, 2020. **6**(3): p. 83.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of low-calorie shortening from high internal phase emulsion gel and its application in the food system

Anis Talebi[1], Leila Rafiei[2]*

1-PhD candidate in Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Urmia university, Urmia, Iran.
2-PhD candidate in Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Urmia university, Urmia, Iran.

ABSTRACT

Nowadays, with the change of life culture and the use of unsuitable diet, the need to develop of safe, non-allergenic, enriched with nutrients and bioactive compounds foods in order to optimize the immune system, prevent and reduce diseases has increased; Therefore, the aim of this research was to prepare a gluten-free functional beverage based on oat containing ginger extract and stevia sweetener. For this purpose, the effect of ginger extract at the levels of 1.5, 3 and 4.5% and the replacement of stevia with sucrose at the levels of 25, 50 and 75% in the form of a factorial experiment based on a completely randomized design in the formulation of a functional gluten-free beverage based on oat containing Lactobacillus plantarium probiotic bacteria was evaluated in order to investigate its physicochemical, sensory and microbial properties during the storage (21 days). The results showed that during the storage, in all the investigated treatments, the amount of Brix, total solid, pH and antioxidant capacity decreased significantly and the acidity of the samples increased ($P<0.05$), and on the other hand, with the addition of ginger extract the amount of Brix, total solid and pH of the produced beverage samples decreased and the antioxidant capacity and acidity of the samples increased ($P<0.05$); Also, the replacement of stevia with sucrose led to a decrease in Brix, total solid, acidity, but the pH and antioxidant capacity increased significantly. The results of the survival study of Plantarium probiotic bacteria showed that in all samples, the growth of bacteria decreased during the storage, but despite the decrease in bacteria, the amount of live bacteria was maintained within the standard range, and the addition of ginger and stevia extract had a positive effect on the survival of bacteria. Based on the sensory evaluation results, the sample containing 3% ginger extract and 25% stevia received a higher score from the panalists. Finally, based on all the results, it can be said that the addition of ginger extract and stevia sweetener in gluten-free functional beverage led to the improvement the properties of beverage and it can be introduced as a new functional beverage with favorable nutritional properties.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/5/31
Accepted: 2023/9/30

Keywords:

Gluten-free beverage,
probiotic,
ginger extract.
stevia.

DOI: **10.22034/FSCT.20.143.46**
DOR:**20.1001.1.20088787.1402.20.143.4.6**

*Corresponding Author E-Mail:
anis.ta1994@gmail.com
an.talebi@urmia.ac.ir