DOI: 10.22092/vj.2024.366220.2157 No 146 Spring 2025

Veterinary Research & Biological Products

Original Article

A Study of the effect of beta-glucan on the microbial, chemical and sensory characteristics of kefir obtained from high-fat buffalo milk (Pegah Pasteurized Milk Company, Khuzestan)

Jorvand, Hossein *

Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Received: 2024-07-10 **Accepted: 2024-11-13**

Revised: 2024-10-13 **Published: 2025-03-02**

*Email: hosseinjorvand@gmail.com

Abstract

Aim and Methods: In the present research, the effect of adding different concentrations of beta-glucan (0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30 %) on the characteristics of kefir produced from high-fat buffalo milk, provided by Pegah Pasteurized Milk Company in Khuzestan, was studied during 14 days of storage at 4 degrees Celsius. Microbial, chemical, color, and sensory analysis characteristics were studied.

Results: The results showed that by adding beta-glucan, pH decreased, and acidity increased. The amount of syneresis and viscosity increased with greater storage time, so as the lowest amount of syneresis and the highest viscosity were seen in the treatment of 0.30% beta-glucan. The number of Lactococcus and Lactobacillus bacteria decreased with increasing time, but adding beta-glucan could improve their decrease. The brightness intensity or L* parameter decreased in kefir samples. The results of the sensory analysis showed that in treatments with high concentrations of beta-glucan, the overall acceptance of the product was significant. Still, the storage time had negative effects on parameters of taste, smell and texture.

Conclusion: Considering the positive effect of beta-glucan on the properties of kefir, its use as a prebiotic can be studied further and recommended, if confirmed.

Keywords: Kefir, Beta-glucan, High fat milk, Fermentation

CC BY

DOI: 10.22092/vj.2024.366220.2157
شماره ۱۴۶ بهار ۱۴۰۴
تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

مقاله کامل

مطالعه اثر بتاگلوکان بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی کفیر بدست آمده از شیر پرچرب گاومیش (شرکت شیر پاستوریزه پگاه خوزستان)

• حسین جوروند*
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۲۰-۰۴-۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: ۲۳-۰۸-۱۴۰۳
تاریخ بازنگری: ۲۲-۰۷-۱۴۰۳ تاریخ انتشار: ۰۱-۰۱-۱۴۰۴

*Email: hosseinjorvand@gmail.com

چکیده

هدف و روش کار: در این مطالعه تاثیر افزودن غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان (۰، ۰/۱۰، ۰/۱۵، ۰/۲۰، ۰/۳۰ درصد) بر ویژگی‌های کفیر تولید ده از شیر پرچرب گاومیش تهیه شده از شرکت شیر پاستوریزه پگاه خوزستان، طی ۱۴ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مطالعه گردید. خصوصیات میکروبی، شیمیایی، رنگ و آنالیز حسی بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزودن بتا-گلوکان میزان pH کاهش و اسیدیته افزایش نشان داد. میزان آب‌اندازی و ویسکوزیته با افزایش مدت زمان نگهداری زیاد شد، بطوریکه کم‌ترین مقدار آب‌اندازی و بیشترین ویسکوزیته در تیمار ۰/۳۰ درصد بتا-گلوکان دیده شد. تعداد باکتری‌های لاکتوکوکوس و لاکتوباسیلوس با افزایش زمان کاهش یافت، ولی افزودن بتا-گلوکان توانست کاهش آن‌ها را بهبود بخشد. شدت روشنایی یا پارامتر L^* در نمونه‌های کفیر کاهش یافت. نتایج آنالیز حسی نشان داد که در تیمارهای با غلظت بالای بتا-گلوکان پذیرش کلی محصول قابل توجه بود، ولی زمان نگهداری تاثیر منفی بر پارامترهای طعم، بو و بافت داشت.

نتیجه گیری: با توجه به تاثیر مثبت بتا-گلوکان بر خصوصیات کفیر می‌توان با مطالعات بیشتر، استفاده آن را به عنوان یک پری‌بیوتیک مطالعه و در صورت تایید توصیه کرد.

کلمات کلیدی: کفیر، بتاگلوکان، شیرپرچرب، تخمیر

مقدمه

محصولات لبنی معمولاً پرمصرف‌ترین موادغذایی در سراسر جهان هستند. از آنجایی که تثبیت بافت در محصولات لبنی قابل‌توجه است، تثبیت‌کننده‌ها به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. تثبیت‌کننده به عنوان ماده‌ای است که برای ایجاد پایداری فیزیکی طولانی‌مدت بر پراکندگی امولسیونی یا کلوئیدی با توجه به ساختار مولکولی و رفتار ترمودینامیکی آن در محلول استفاده می‌شود. تثبیت‌کننده‌ها می‌توانند به عنوان بهبوددهنده بافت برای ایجاد ثبات عمل کنند یا می‌توانند برای جلوگیری از تغییرات در ساختار ناشی از فرآیند یا مواد تشکیل‌دهنده جدید استفاده شوند (۱).

با افزایش تمایل به مصرف غذاهای طبیعی، فراسودمند و افزایش روزافزون مصرف‌کنندگان آگاه به این مسئله در سال‌های اخیر، تاثیر مفیدبودن آنها بر سلامت انسان، مورد تاکید قرار گرفته است. مطالعات اخیر بر شناسایی ترکیباتی متمرکز شده‌اند که چندمنظوره و همچنین اثر تثبیت‌کنندگی داشته باشند. امروزه، رویکرد جدیدتر برای بهبود بافت، استفاده از فیبرهای غذایی است. تأثیر فیبرهای غذایی در تولید محصولات لبنی تخمیرشده بر رشد میکروارگانیسم‌ها مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که فیبرهای غذایی پری‌بیوتیک هستند، تصور می‌شود که از رشد میکروارگانیسم‌ها حمایت می‌کنند. استفاده از بتا-گلوکان بر رشد باکتری‌های پروبیوتیک، به ویژه در محصولات لبنی تأثیر مثبت دارد (۲). بتا-گلوکان[1] به دلیل طعم نرم و مقاومت در برابر بسیاری از شرایط برای استفاده در طیف وسیعی از غذاها مناسب است. بتا- گلوکان که دارای (۱،۴) گلوکز و زنجیره گلوکز β-(۱،۳) است، عموماً همی‌سلولزهای غیرشاخه‌ای هستند که ویسکوزیته بالایی دارند و در دانه‌های غلات به ویژه سبوس جو و جو وجود دارد. کاهش کلسترول، کاهش فشارخون، خصوصیات پری‌بیوتیک، بهبود متابولیسم و محافظت در برابر پیشرفت سرطان از ویژگی‌های استفاده از بتا-گلوکان در جیره‌غذایی است (۴، ۳).

کفیر[2] شیر تخمیرشده‌ای است که از دانه‌های کفیران تهیه می‌شود که حاوی کشت‌های باکتریایی و مخمری پروبیوتیک است. دانه‌های کفیر دارای یک جامعه میکروبی پایدار شامل باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB[3])، مخمرها[4] و باکتری‌های اسیداستیک (AAB[5]) هستند که ارتباط همزیستی با ماتریکس اگزوپلی‌ساکاریدهای (EPS[6]) کفیران و پروتئین‌هایی که این ساختار ژلاتینی و لزج را می‌سازند، دارند. فعل و انفعالات پیچیده چنین میکروب‌های متعددی و همچنین چندین ماده فعال زیستی تولیدشده توسط فرآیندهای متابولیکی آنها، به شهرت کفیر به عنوان یک پروبیوتیک طبیعی کمک کرده است (۵). ترکیب میکروبی کفیر بر اساس عواملی مانند منشاء جغرافیایی، مدت تخمیر، بستر و روش‌های فرآوری متفاوت است، اما دانه‌های کفیر به طور مداوم یک میکروبیوتای نسبتاً پایدار و متمایز را حفظ می‌کنند که اغلب با ظهور گونه‌های خاص لاکتوباسیلوس مشخص می‌شود. دانه‌های کفیر شکل نامنظم دارند که از سفید تا زرد روشن متغیر و طول آنها ۱ تا ۴ سانتی‌متر است. استفاده از نوشیدنی‌های کفیر با مزایای سلامتی قابل‌توجه از جمله بهبود هضم لاکتوز، ضدسرطان، ضدفشارخون و اثرات ضددیابت مرتبط است (۶). هدف از این مطالعه افزایش بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و کیفیت کفیر تولیدشده از شیرپرچرب گاومیش با استفاده از بتاگلوکان است.

1. β-glucan.
2. Kefir.
3. Lactic acid bacteria.
4. yeasts.
5. acetic acid bacteria.

روش کار

شیر پرچرب گاومیش از شرکت شیر پگاه شوش خریداری گردید. شیر حاوی ۴/۱۰ گرم بر ۱۰۰ گرم چربی، مواد جامد آن ۱۱/۹۸ گرم بر ۱۰۰ گرم و pH آن ۶/۶۵ بود. دانه‌های کفیر از شرکت پروبیوتیک-پری بیوتیک تهران تهیه شد. بتاگلوکان از شرک مرک-آلمان[6] تهیه شد. برای جلوگیری از خراب شدن دانه‌های کفیر و آماده‌شدن آنها برای آزمایش، ابتدا آنها را در شیرهای پاستوریزه قرار داده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری شدند. سپس برای فعال‌سازی دانه‌های کفیر، به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند.

تهیه کفیر

ابتدا غلظت‌های مختلف بتاگلوکان با ۰، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۰، ۰/۳۰ درصد به شیر خام پرچرب گاومیش اضافه شد. سپس شیر در دمای ۸۸ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۱۰ دقیقه پاستوریزه و هموژنیزه گردید. سپس مرحله سردکردن تا دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. سپس دانه‌های کفیر به میزان ۳/۲ درصد وزن به حجم به هر تیمار اضافه شدند و درون انکوباتور با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا عمل تخمیر صورت گیرد. نمونه‌های آماده‌شده از انکوباتور خارج و صاف شده تا دانه‌های کفیر جدا شوند. پس از خنک‌شدن، نمونه‌ها را در دمای یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده و طی ۱۴ روز در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ آزمایشات مربوطه بر آنها انجام شدند (۷).

بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی کفیر

برای اندازه‌گیری pH نمونه‌های آماده شده از دستگاه pH متر دیجیتال مدل _جنوی[7]- ساخت کشور انگلستان استفاده گردید. این دستگاه که از قبل کالیبره شده بود، طبق دستور استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۵۲ (۱۳۸۵) الکترود دستگاه مستقیماً وارد ظرف شد. در دمای محیط، هر الکترود تقریباً حدود یک دقیقه تا زمان ثابت شدن با نمونه در تماس بود و بعد ازاین زمان pH قرائت گردید.

برای سنجش اسیدیته از شش قطره محلول فنل‌فتالئین، که با یک درصد اتانول حل شده بود، به عنوان معرف استفاده گردید و با استفاده از روش تیتراسیون با سود ۰/۱۰ نرمال انجام شد. این کار تا پیدایش رنگ صورتی تا ارغوانی ادامه پیدا کرد و مقدار اسیدیته بر اساس فرمول زیر به دست آمد (۸):

$$TA=\frac{N\times 0.009\times 100}{M}$$

در رابطه فوق N مقدار سود مصرف‌شده، M وزن اولیه نمونه است. ۰/۰۰۹ گرم اسیدلاکتیک معادل یک میلی‌لیتر سود ۰/۱۰ نرمال مصرفی

6. Merck-Germany.
7. Jenway.

است.

برای سنجش ویسکوزیته[8] نمونه‌ها، با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخان بروکفیلد مدل ۴۳۳۵، ساخت کشور آمریکا، که دارای حجم ۲۰ میلی‌لیتر بود و اسپیندل شماره ۱۸، با ۵۵ rpm در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، پس از گذشت ۱۶ ثانیه از چرخش اسپیندل[9] قرائت گردید.

شاخص‌های $\hat{L}$ مربوط به سفیدی-تیرگی، $\hat{a}$ مربوط به سبز تا قرمز و $\hat{b}$ مربوط به آبی تا زرد، اندازه‌گیری شد. با استفاده از رنگ‌سنج مدل ساخت کشور با فرمول زیر به دست آمدند (۱۴):

$$100\text{-}[(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

برای اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی یا سینرسیس، مقدار ۶ گرم از نمونه‌های کفیر، سانتریفیوژ گردید (۲۵۰۰×g و به مدت ۱۲ دقیقه). مایع رویی جداشده وزن گردید. میزان سینرسیس نمونه‌های آماده شده به مدت ۲۵ دقیقه تحت شرایط خلاء در دمای اتاق با استفاده از رابطه زیر به دست آمد (۹):

$$\text{درصد آب‌اندازی} = \frac{\text{حجم فاز جدا شده بر حسب میلی لیتر}}{\text{حجم کل نمونه کفیر بر حسب میلی لیتر}}$$

آنالیز میکروبی

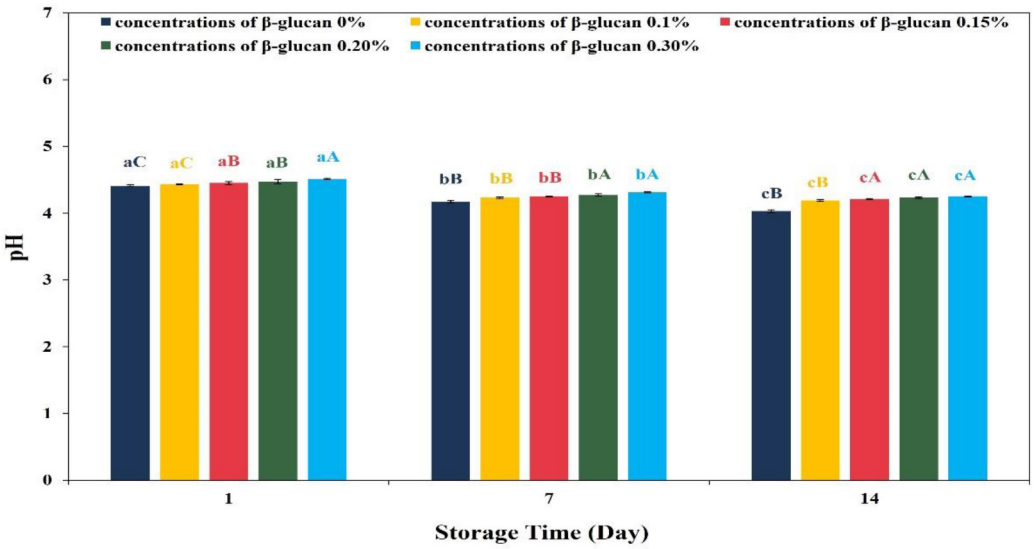
به همین منظور، رقت‌های متوالی از نمونه‌های کفیر در آب پپتونه ۰/۱ درصد و قراردادن آنها در محیط‌های کشت مختلف، شمارش باکتری‌ها و مخمر انجام گردید. از محیط کشت ام آر اس آگار[10] و ام ۱۷ آگار[11] برای کشت باکتری‌های لاکتوباسیلوس و لاکتوکوکوس و از محیط کشت وای جی اس آ[12] برای شمارش مخمر استفاده گردید. محیط کشت‌ها به مدت دو تا چهار روز با ۶ درصد دی‌اکسیدکربن، نگهداری شدند. از روش کشت پورپلیت در رقت ۶-۱۰ و ۵- ۱۰ در شرایط کاملاً بی‌هوازی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری، باکتری‌های اسیدلاکتیک کشت داده شدند (۱۰). برای شمارش مخمر نیز با استفاده از روش کشت سطحی با رقت ۳- ۱۰ و ۴-۱۰ با گرمخانه‌گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۵ روز انجام شد (۱۱). نتایج به عنوان واحدهای لگاریتمی تشکیل کلنی در هر میلی‌لیتر (log cfu/ mL) کفیر بیان شد.

ارزیابی حسی

پانل حسی برای انجام آزمون ارزیابی حسی، شامل ۱۲ ارزیاب در محدوده سنی ۲۳ تا ۵۲ سال، ترکیب زن و مرد، نیمه‌آموزش دیده بود. اعضای پانل در مورد هدف، دستورالعمل‌ها و روش تحقیق مطلع شدند و رضایت کتبی خود را برای شرکت در این ارزیابی ارائه کردند. از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. مقیاس رتبه‌بندی برای ظاهر همگن و شفاف (۱۰-۰)، رنگ (۱۰-۰)، قوام (۵-۰)، بوی کم ترشیدگی (۱۰-۰)، طعم کم مخمر (۵-۰)، طعم تازگی (۵-۰)، طعم تخمیری خوشایند (۵-۰) و طعم میوه‌ای دلپذیر (۵-۰) بود (۳۰).

تجزیه و تحلیل آماری

8. BROOKFIELD.
9. spindles.
10. MRS Agar.
11. M17 agar.
12. Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar.



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان و روز نگهداری بر تغییرات pH کفیر.

اثر سطوح مختلف بتاگلوکان ۰، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲۰، ۰/۳۰ درصد، زمان نگهداری و تاثیر متقابل آنها بر خصوصیات میکروبی،شیمیایی و حسی کفیر تولیدشده از شیرِ پرچرب گاومیش با استفاده از تجزیه واریانس آنوا[13]، به صورت کاملاً تصادفی، مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از روش توکی[14] در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقایسه میانگین‌ها انجام شد که از نرم‌افزار Minitab (Minitab) Minitab Inc., State College, PA, USA نسخه ۱۸ بدست آمد.

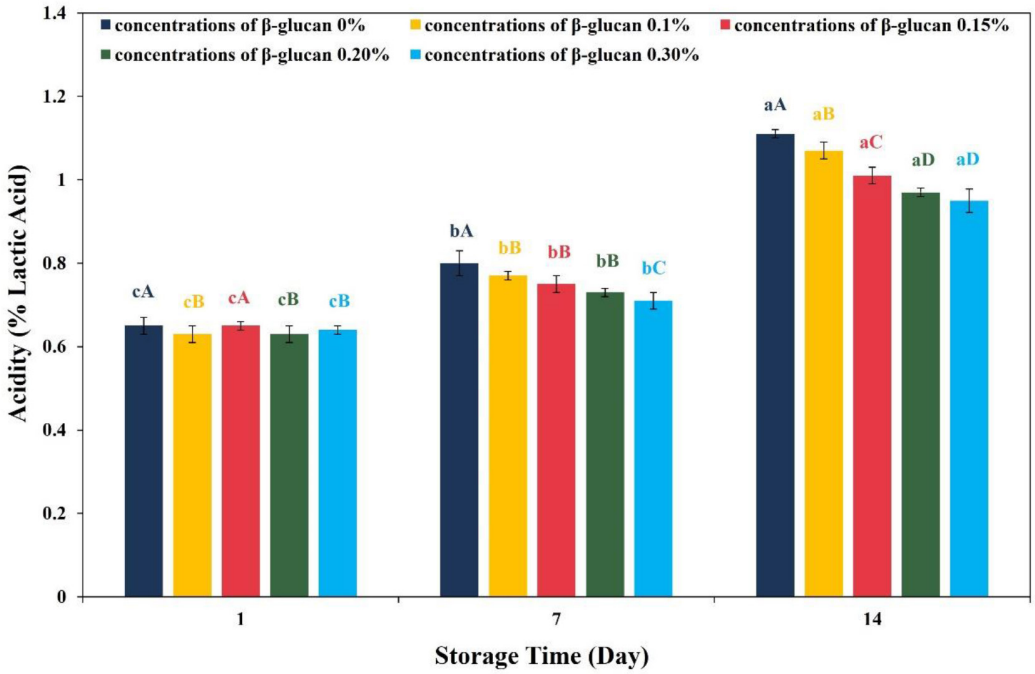
13. ANOVA.
14. Tukey.

نتایج

pH

شکل ۱ نتایج تغییرات pH کفیر حاوی نسبت‌های مختلف بتا-گلوکان را نشان می‌دهد. در روزهای مختلف مطالعه تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای مطالعه دیده نشد (P>۰/۰۵). با افزایش روزهای مطالعه میزان pH کاهش یافت. در روز اول مطالعه میزان آن ۳/۷۶ در تیمار کنترل و در روز چهاردهم به ۲/۴۱ کاهش یافت. در تیمار کفیر حاوی بیشترین غلظت بتا-گلوکان میزان pH از ۳/۴۳ به ۲/۴۱ رسید.

اسیدیته



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان و روز نگهداری بر تغییرات اسیدیته کفیر

جدول ۱- اثر غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان و روز نگهداری بر تغییرات ویسکوزیته (cP) کفیر

Concentrations of β-glucan٪	1	7	14
0	26.65±0.21^{cC}	29.19±0.21^{bC}	31.21±0.41^{aC}
0.1	29.14±0.35^{cB}	33.23±0.37^{bC}	37.13±0.53^{aB}
0.15	31.13±0.41^{cA}	37.69±0.25^{bB}	41.41±0.31^{aB}
0.20	33.21±0.23^{cA}	43.23±0.19^{bB}	47.14±0.23^{aA}
0.30	35.41±0.31^{cA}	47.41±0.15^{bA}	49.23±0.17^{aA}

*حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ستون است.

شکل ۲ تغییرات اسیدیته کفیر به دست آمده از شیر پرچرب گاومیش حاوی غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان را نشان می‌دهد. با افزایش روز میزان اسیدیته کفیر زیاد و بیشترین مقدار آن در روز چهاردهم در تیمار کنترل دیده شد (۱/۹۱درصد اسیدلاکتیک). غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان سبب کاهش اسیدیته کفیر در دمای یخچال شدند. در روز چهاردهم تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای با درصد بالای بتا-گلوکان با غلظت‌های کمتر آن مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

نتایج تغییرات ویسکوزیته کفیر بدست‌آمده طی ۱۴ روز مطالعه با اضافه‌کردن سطوح مختلف بتا-گلوکان در جدول ۱ آمده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش غلظت بتا-گلوکان میزان ویسکوزیته در تیمارها افزایش نشان داد. بیشترین میزان آن در تیمار۰/۳ درصد با ۴۹/۲۳ cP در روز چهاردهم به دست آمد. در روز اول در تیمار کنترل کم‌ترین مقدار آن با ۲۶/۶۵ cP حاصل شد. در هر تیمار در تمام روزهای مطالعه اختلاف معنی‌دار آماری بین میزان ویسکوزیته بدست‌آمده، دیده شد (P<۰/۰۵). در همه روزها، بین تیمارهای حاوی بتا-گلوکان با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

جدول ۲ میزان آب‌اندازی نمونه‌های کفیر تحت تاثیر زمان نگهداری و بتا-گلوکان را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش زمان نگهداری میزان آب‌اندازی نمونه‌ها بیشتر شد. با افزایش غلظت بتا-گلوکان در تیمارها، میزان آب‌اندازی کمتر و دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) با تیمار کنترل بود. در تیمار کنترل بیشترین میزان آب‌اندازی دیده شد که در روز چهاردهم ۵۳/۳۱ درصد بدست آمد. میزان آب‌اندازی نمونه‌های کفیر بین ۱۷/۱۱ تا ۵۳/۳۱ درصد بدست آمد که بطور معنی‌داری تحت تاثیر دوره نگهداری قرار گرفت (P<۰/۰۵).

تغییرات میکروبی

جدول ۱ و ۲ و شکل ۳ تغییرات میکروبی شامل باکتری‌های لاکتوباسیلوس، لاکتوکوکوس و مخمرها تحت تاثیر بتا-گلوکان و روز نگهداری در نمونه‌های کفیر را نشان می‌دهند. نتایج نشان دادند که زمان نگهداری تاثیر بیشتری بر تغییرات باکتری‌ها و مخمر داشت تا غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان (P<۰/۰۵). با افزایش زمان نگهداری افزایش معنی‌داری در باکتری‌ها و مخمر دیده شد. در غلظت ۰/۳ درصد بتا-گلوکان میزان

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان و روز نگهداری بر تغییرات آب‌اندازی (درصد) کفیر

Concentrations of β-glucan٪	1	7	14
0	33.15 ± 0.17^{cA}	45.22 ± 0.19^{bA}	53.31 ± 0.31^{aA}
0.1	25.17 ± 0.21^{cB}	35.13 ± 0.27^{bB}	46.67 ± 0.33^{aA}
0.15	21.25 ± 0.14^{cC}	33.26 ± 0.21^{bB}	41.23 ± 0.21^{aB}
0.20	19.23 ± 0.13^{cC}	29.15 ± 0.17^{bB}	37.14 ± 0.25^{aB}
0.30	17.11 ± 0.11^{cD}	26.33 ± 0.11^{bC}	31.37 ± 0.15^{aC}

*حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ستون است.

جدول ۳- تغییرات باکتری‌های لاکتوباسیلوس تحت تاثیر غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان و روز نگهداری در کفیر

Concentrations of β-glucan٪	1	7	14
0	7.25 ± 0.12^{cB}	8.10 ± 0.24^{bB}	8.32 ± 0.36^{aB}
0.1	7.51 ± 0.54^{cB}	8.03 ± 0.40^{bB}	8.47 ± 0.64^{aB}
0.15	7.23 ± 0.41^{cB}	8.09 ± 0.17^{bB}	8.50 ± 0.40^{aB}
0.20	7.85 ± 0.03^{bA}	8.15 ± 0.37^{bA}	8.31 ± 0.68^{aC}
0.30	7.88 ± 0.11^{bA}	8.14 ± 0.23^{bA}	8.93 ± 0.63^{aA}

*حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ستون است.

باکتری‌های لاکتوباسیلوس (جدول۳) از ۷/۸۸ log cfu/ mL به ۸/۹۳ در تیمار ۰/۳۰درصد بتا-گلوکان رسید. بیشترین میزان باکتری‌های لاکتوباسیلوس در تیمارهای حاوی بتا-گلوکان دیده شد.

در مورد باکتری‌های لاکتوکوکوس (جدول ۴) از ۷/۲۵ log cfu/ mL در تیمار کنترل (کمترین مقدار) به ۸/۸۳ log cfu/ mL (بیشترین مقدار) در تیمار با بالاترین غلظت بتا-گلوکان (۰/۳ درصد) رسید. زمان نگهداری تاثیر معنی‌دار بیشتری نسبت به تاثیر بتا-گلوکان بر تغییرات باکتری‌های لاکتوکوکوس داشت (P<۰/۰۵). افزایش جمعیت باکتری‌های لاکتوکوکوس در تیمارهای حاوی غلظت بالای بتا-گلوکان دیده شد. افزایش تعداد مخمر در نمونه‌های کفیر در طول ۱۴ روز نگهداری و با غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان در شکل ۳ آمده است. تعداد آنها از log cfu/ mL ۲/۸۵ به ۳/۵۱ در تیمار ۰/۳ درصد بتا-گلوکان رسید. در روز هفتم و چهاردهم بتا-گلوکان نتوانست تاثیری بر میزان مخمر داشته باشد و تغییر معنی‌داری بین غلظت‌های بتا-گلوکان دیده نشد (P>۰/۰۵).

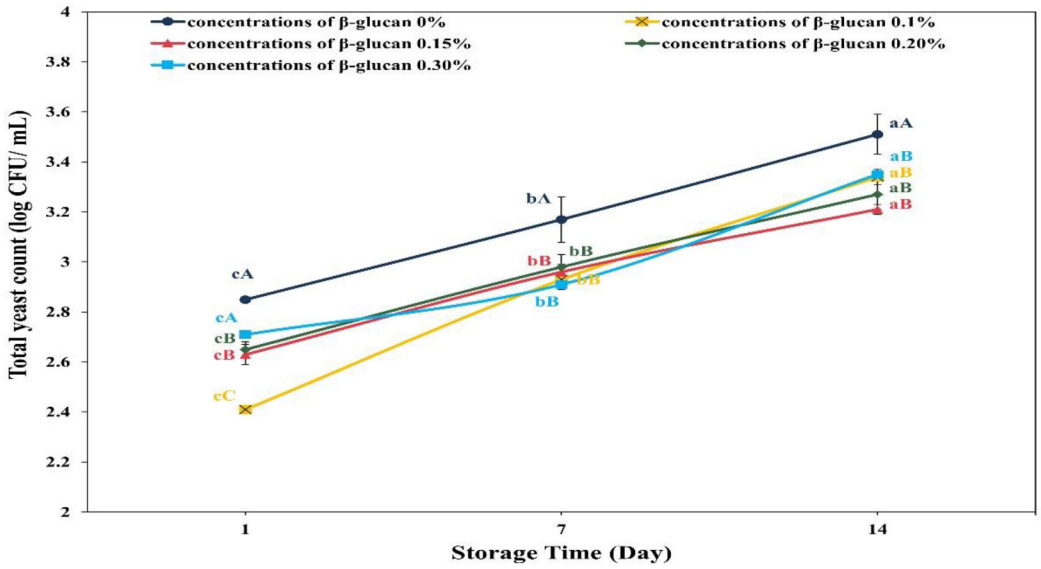
نتایج تغییرات رنگ

میزان روشنایی یا فاکتور L* با افزایش زمان نگهداری و افزایش غلظت بتا-گلوکان کاهش یافت (شکل ۴). بیشترین میزان این فاکتور در تیمار کنترل در روز اول مطالعه و کمترین مقدار آن در تیمار ۰/۳ درصد بتا-گلوکان

جدول ۴- تغییرات باکتری‌های لاکتوکوکوس تحت تاثیر غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان و روز نگهداری در کفیر

Concentrations of β-glucan%	1	7	14
0	7.25±0.12^{bB}	8.23±0.24^{aB}	8.57±0.36^{aB}
0.1	7.51±0.54^{bB}	8.43±0.40^{aA}	8.77±0.64^{aA}
0.15	7.23±0.41^{bB}	8.51±0.17^{aA}	8.75±0.40^{aA}
0.20	7.85±0.03^{bA}	8.77±0.37^{aA}	8.81±0.68^{aA}
0.30	7.88±0.11^{bA}	8.84±0.23^{aA}	8.83±0.63^{aA}

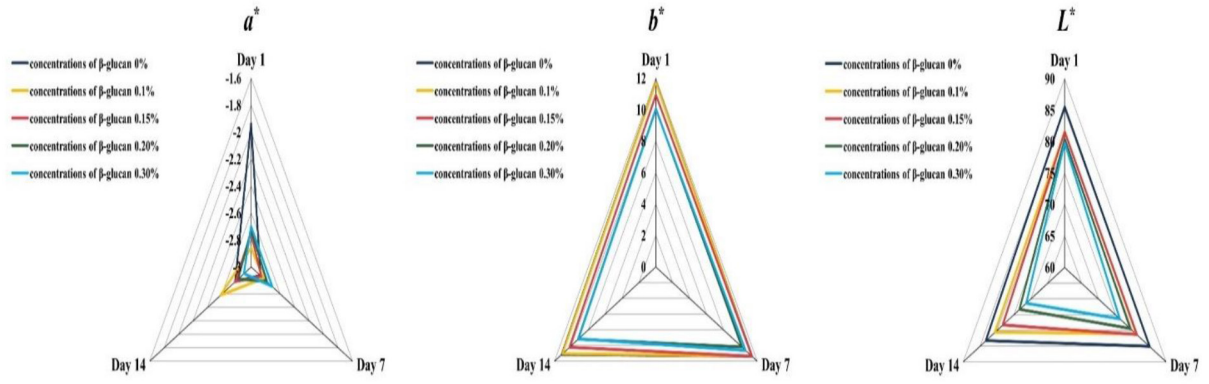
*حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ستون است.



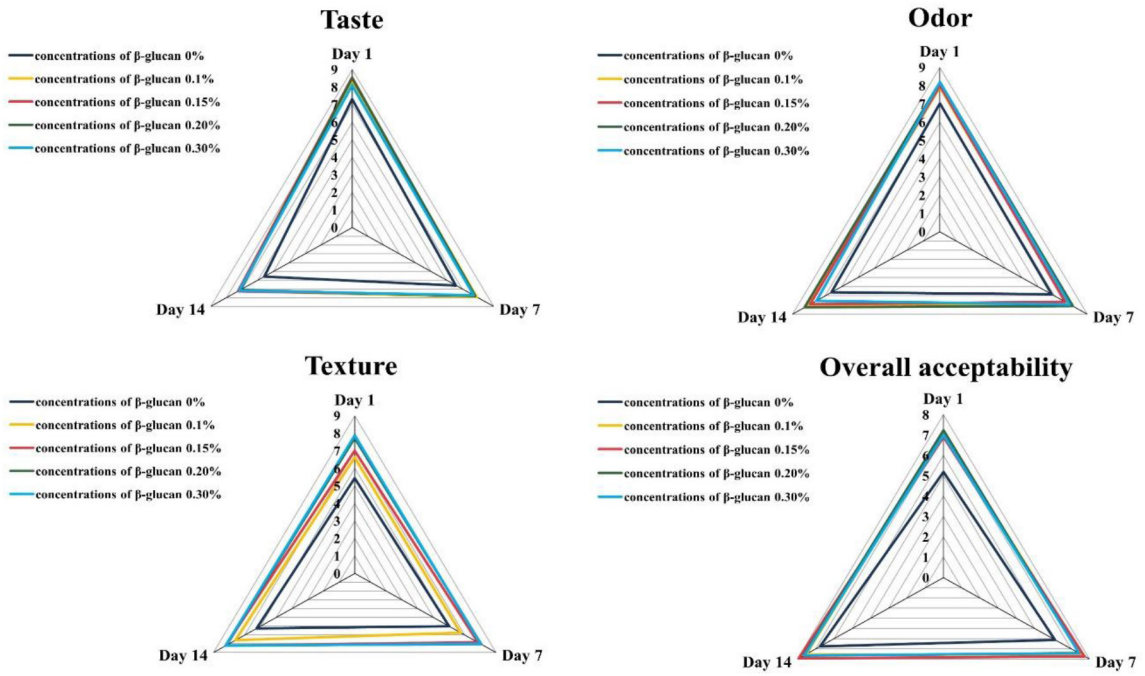
شکل ۳- تغییرات مخمر تحت تاثیر غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان و روز نگهداری در کفیر

*حروف کوچک متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت انگلیسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) در هر ستون است.

در روز چهاردهم دیده شد. در هر تیمار بین روزهای مطالعه تفاوت معنی‌دار آماری دیده شد (P<۰/۰۵). تاثیر زمان نگهداری بر فاکتور روشنایی بیشتر از غلظت بتا-گلوکان بود. بین تیمارهای مختلف در یک روز، تیمارهای حاوی بتا-گلوکان با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار آماری داشتند (P<۰/۰۵). بیشترین مقدار پارامتر قرمزی یا å در تیمار کنترل در روز اول (۱/۹۴-) دیده شد، که تفاوت معنی‌دار آماری با سایر تیمارها داشت (P<۰/۰۵). میزان سبزی نمونه‌های کفیر در روز اول تا هفتم مشهودتر از روز چهاردهم بود. اختلاف معنی‌داری در نمونه‌های کفیر با غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان دیده نشد (P>۰/۰۵). با افزایش زمان نگهداری، میزان قرمزی نمونه‌ها بیشتر شد و بتا-گلوکان نتوانست تاثیری در کاهش قرمزی نمونه‌های کفیر داشته باشد. کمترین مقدار پارامتر å در نمونه‌های حاوی بتا-گلوکان دیده شد. پارامتر b̊ نیز تحت تاثیر دوره نگهداری قرار گرفت. میزان آبی نمونه‌های کفیر در روزهای اول تا هفتم دیده شد و بعد رنگ نمونه‌ها به زردی گرایید. بیشترین مقدار این فاکتور در تیمار کنترل دیده شد، کمترین مقدار در بالاترین غلظت بتا-گلوکان



شکل ۴- اثر غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان و روز نگهداری بر خصوصیات رنگ کفیر.



شکل ۵- اثر غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان و روز نگهداری بر خصوصیات حسی کفیر.

دیده شد. در هر تیمار تفاوت معنی‌دار آماری بین روزهای مطالعه دیده شد (P<۰/۰۵).

آنالیز حسی

با افزایش زمان نگهداری نمونه‌های کفیر، امتیاز به دست آمده برای آنالیز حسی آنها، کم شد (شکل۵). بو، بافت، طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در تمام تیمارهای مورد مطالعه چه تیمار کنترل و چه تیمارهای حاوی بتا-گلوکان امتیاز بو، بافت و طعم و پذیرش کلی کاهش یافت. این کاهش در تیمار کنترل کمتر از تیمارهای حاوی بتا-گلوکان بود.

بحث

pH نمونه‌های کفیر با گذشت زمان کاهش یافت و در غلظت‌های حاوی بتا-گلوکان در روز چهاردهم نسبت به تیمار کنترل افزایش نشان داد. pH ارتباط مستقیمی با اسیدیته دارد و نتایج این مطالعه نشان داد که میزان اسیدیته در نمونه‌های حاوی بتا-گلوکان کاهش داشتند. این نتایج در مورد محصولات تخمیر شده ماست نیز گزارش شد (۱۲،۱۳). در مطالعه‌ای که بر پارامترهای کیفی کفیر انجام شد نشان داد که pH کاهش و اسیدیته افزایش یافت و بیشترین pH ۴/۵۳ حاصل شد. بیشترین میزان pH در مطالعه Kök–Ta,s و همکاران (۱۵) ۴/۴۷ گزارش شد، که بیشتر از مطالعه حاضر بود. احتمالاً میکروارگانیسم‌های موجود در کفیر از بتا-گلوکان برای رشد خود استفاده کرده‌اند که سبب تولید اسیدلاکتیک و ترکیبات مشابه شده است که میزان اسیدیته در نمونه‌های کفیر حاوی بتا-گلوکان کاهش نشان داد.

اسیدلاکتیک بیشترین اسید تولیدشده توسط باکتری‌های پروبیوتیک است (۱۴). در این مطالعه، میزان اسیدیته که بر اساس درصد اسیدلاکتیک تولید شده بود با افزایش روز نگهداری زیاد شد، ولی در تیمار کنترل بیشتر از سایر تیمارها بود. در مطالعه مشابه، دریافتند که محتوی اسیدلاکتیک نمونه‌های کفیر به ترتیب از ۰/۸۳ تا ۰/۹۲ درصد در طول ۲۱ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بود (۱۵). این تفاوت‌های جزئی ممکن است به دلیل میزان جمعیت مخمر که انتشار LAB را محدود می‌کند، رخ دهد (۱۶). Yousefvand و همکاران (۱۷) نشان دادند که افزایش اسیدیته در نمونه‌های کفیر به متابولیسم هتروفرمنتاتیو اختیاری مربوط می‌شود که هگزوزها را از طریق مسیر Embden-Meyerhof به L (+) - lactic تبدیل می‌کند (۳۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که آب‌اندازی نمونه‌های کفیر در طول دوره نگهداری افزایش داشت، که تیمار کنترل بیشتر از سایر تیمارها بود. تحقیقات قبلی افزایش آب‌اندازی در سایر محصولات لبنی تخمیر شده مانند کفیر شیر سویا و ماست در طول نگهداری را نشان دادند (۱۸،۱۹). جمع‌شدن ذرات پروتئینی در زمان نگهداری، اسیدهای آلی، مرحله بعد از اسیدی‌شدن[15]، غلظت کفیر، غلظت کفیران، نوع شیر و میزان مواد جامد می‌توانند بر جداکردن فاز آبی در نوشیدنی‌های تخمیری تاثیر بگذارند (۲۰). Montanuci و همکاران (۱۱) آب‌اندازی بیشتر تیمار تخمیرشده کفیر با اینولین در مقایسه با کشت استارتر گزارش کردند. یک توضیح برای این نتیجه ممکن است کاهش pH در طی تخمیر باشد که مقاومت ذرات کازئین را افزایش می‌دهد. واضح است که هیدروکلوئیدهای افزودنی باعث تثبیت پروتئین‌های شیر در برابر تجمع و ته‌نشینی از طریق بهبود بار سطحی می‌شوند (۲۱).

نتایج این مطالعه به وضوح رابطه بین ویسکوزیته و جداسازی سرم را نشان داد. بر اساس یافته‌های این مطالعه، افزایش ویسکوزیته باعث کاهش آب‌اندازی نمونه‌های کفیر شد، که با سایر مطالعاتی که ویسکوزیته بالاتر را مشاهده کردند، مانع یا تأخیر در ته‌نشین شدن پروتئین‌ها، دلیل آن بود. جداسازی فاز و ویسکوزیته پایین از عیوب رایجی است که ممکن است کیفیت کفیر را در طول نگهداری کاهش دهد. نتایج نشان داد که بتا-گلوکان توانست سبب افزایش ویسکوزیته کفیر شود، که میزان آن دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار کنترل بود (P<۰/۰۵). نتایج مشابه این مطالعه در نمونه‌های شیر و ماست تخمیرشده نیز دیده شد (۲۲،۲۳). بتا-گلوکان سبب کاهش درصد آب‌اندازی می‌شود و این کار را از طریق واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی انجام می‌دهد. مقدار آب محبوس در شبکه از طریق به دام‌انداختن آب آزاد به صورت فیزیکی، افزایش می‌یابد. از طرفی، بتا-گلوکان هیدروکلوئیدی آب‌دوست است که به آسانی به مولکول‌های آب متصل می‌شود.

نتایج تغییرات میکروبی نمونه‌های کفیر تحت تاثیر بتا-گلوکان و زمان نگهداری نشان داد که زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر میزان جمعیت میکروبی داشت (P<۰/۰۵)، درحالی‌که تاثیر غلظت‌های مختلف بتا-گلوکان معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

Montanuci و همکاران (۱۱) نشان دادند که افزودن اینولین در کفیر هیچ تغییری بر جمعیت لاکتوکوکوس نداشت. در مطالعه Ziarno و همکاران (۲۴) میزان جمعیت لاکتوکوکوس‌ها در نمونه‌های کفیر مورد مطالعه از ۷/۸ log cfu/ mL تا ۹/۲ گزارش شد. تیمار کفیر حاوی پروتئین شیر نسبت به سایر تیمارها تاثیر معنی‌داری در میزان جمعیت لاکتوکوکوس‌ها نشان داد. همچنین نتایج آنها نشان داد که تعداد لاکتوباسیلوس‌ها به نوع کشت استارتر و پودرشیر استفاده شده به عنوان افزودنی بستگی دارد. در مطالعه حاضر، جمعیت لاکتوکوکوس‌ها بیشتر از لاکتوباسیلوس‌ها در نمونه‌های کفیر بود که با مطالعه Ziarno و همکاران (۲۴) همخوانی داشت. Magra و همکاران (۲۵) گزارش کردند که تعداد گونه‌های لاکتوکوکوس در نمونه‌های کفیر به دلیل اسیدیته بالای کفیر کاهش یافت. در مطالعه فعلی مشاهده نشد که جمعیت لاکتوکوکوس حداقل در مرحله تخمیر شیر به pH کفیر وابسته باشد. نشان داده شد که لاکتوکوکوس‌های موجود در کفیر به pH پایین حساس هستند. این احتمال وجود دارد که فرمولاسیون شیر پرچرب نسبت به فرمولاسیون شیر بدون چربی محیط بازدارندگی کمتری برای بقای میکروارگانیسم داشته باشد. Yerlikaya و همکاران (۲۶) گزارش کردند که میزان زنده‌مانی سلول‌های باکتریایی به نوع شیر تخمیر شده مورد استفاده (۱۰۰ درصد چربی یا بدون چربی) بستگی دارد.

محصول کفیر با کیفیت بالا باید طعم رضایت‌بخش و خواص نگهداری با کیفیت بالایی داشته باشد. در مطالعه حاضر با افزایش زمان نگهداری امتیازات طعم، بو و مزه نمونه‌های کفیر با غلظت‌های متفاوت بتا-گلوکان کاهش یافت. فاکتور بو بیشترین امتیاز را نسبت به سایر فاکتورهای آنالیز حسی در روز چهاردهم بدست آورد. فاکتور طعم امتیاز کمتری نسبت

15. post-acidification.

به بو و بافت بدست آورد و بتا-گلوکان نتوانست تاثیر معنی‌داری بر ویژگی طعم کفیر بگذارد. ممکن است دلیل آن رشد میکروارگانیسم‌ها و محصولات زیستی ناشی از آن‌ها باشد (۲۷). از طرفی دیگر پپتیدهای ناشی از تجزیه پروتئین‌ها می‌توانند سبب بوی بد شوند (۲۸). پذیرش کلی نمونه‌های کفیر در روز اول بیشتر از سایر روزهای مطالعه بود.

در این مطالعه نمونه‌های کفیر کاهش سفیدی، کاهش سبزی و زردی بیشتری با افزایش زمان و غلظت بتا-گلوکان نشان دادند. در مطالعه‌ای که بر نمونه‌های کفیر تولیدشده از شیر کامل انجام شده بود، در مقایسه با سایر تیمارهای کفیر، کاهش روشنی، سبزی و زردی نیز نشان داده شد. به خوبی شناخته شده است که پروسه حرارتی شیر بر پیوندهای کووالانسی و همچنین پیوندهای غیرکووالانسی تأثیر می‌گذارد. دناتوره شدنِ پروتئین‌های شیر طی تخمیر می‌تواند عامل این موضوع باشد، که نهایتاً بر pH تاثیر می‌گذارد (۲۹).

نتیجه‌گیری کلی

افزودن بتا-گلوکان تاثیر معنی‌داری بر زنده‌ماندن باکتری‌های مورد مطالعه نداشت. نتایج نشان داد که بتا-گلوکان پایداری رضایت‌بخشی در محیط اسیدی دارد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بتا-گلوکان هیچ اثر نامطلوبی بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبیولوژیکی و بافتی کفیر ندارد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت شرکت شیر پگاه خوزستان انجام شد و از مدیر عامل محترم آن شرکت تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نگارندگان این مقاله اعلام می‌دارند که در رابطه با نگارش و چاپ مقاله هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع مورد استفاده

1. Cheng T, Zhang T, He X, Sadiq FA, Li J, Sang Y, Gao J. The complex world of kefir: Structural insights and symbiotic relationships. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2024; 23: e13364.

2. Akal C. Using dietary fiber as stabilizer in dairy products: β-glucan and inulin-type fructans. Journal of Food Science and Technology. 2023; 60(12):2945–2954

3. Majumdar A, Gil-González AB, Grau AB, Sardari RRR, Larsson O, Thyagarajan A, Hansson A, Hernandez-Hern ´ andez O, Olsson O, Alfredo Zambrano J. Macromolecular characterization of high β-glucan oat lines. Heliyon. 2024; 10: e24552

4. Ali MS, Hussein RM, Gaber Y, Hammam OA, Kandeil MA. Modulation of JNK-1/ beta-catenin signaling by Lactobacillus casei, inulin and their combination in 1, 2-dimethylhydrazine induced colon cancer in mice. RSC Advances. 2019; 50:29368–29383

5. Aziz T, Xingyu H, Sarwar A, Naveed M, Shabbir MA, Khan AA, Ulhaq T, Shahzad M, Zhennai Y, Shami A, Sameeh MY, Alshareef SA, Tashkandi MA and Jalal RS. Assessing the probiotic potential, antioxidant, and antibacterial activities of oat and soy milk fermented with Lactiplantibacillus plantarum strains isolated from Tibetan Kefir. Frontiers in Microbiology. 2023; 14:1265188.

6. Cufaoglu Z, Erdinc AN. An alternative source of probiotics: Water kefir. Food Frontiers. 2023; 4:21–31.

7. Dertli E, Çon AH. Microbial diversity of traditional kefir grains and their role on kefir aroma. LWT-Food Science and Technology. 2017; 85:151-157

8. Horwitz W, Latimer GW. Official Methods of Analysis, 18th ed.; AOAC: Washington, DC, USA, 2005; p.7.

9. Amatayakul T, Halmos A, Sherkat F, Shah N. Physical characteristics of yogurts made using exopolysaccharide-producing starter cultures and varying casein to whey protein ratios. International Dairy Journal. 2006; 16: 40-51

10. Irigoyen A, Arana I, Castiella M, Torre P, Ibáñez FC. Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. Food Chemistry. 2005; 90: 613-620

11. Montanuci FD, Pimentel TC, Garcia S, Prudencio SH. Effect of starter culture and inulin addition on microbial viability, texture, and chemical characteristics of whole or skim milk kefir. Food Science and Technology. 2012; 32: 850-861.

12. Ghaderi-Ghahfarokhi M, Yousefvand A, Ahmadi Gavlighi H, Zarei M, Farhangnia P. Developing novel synbiotic low-fat yogurt with fucoxylogalacturonan from tragacanth gum: Investigation of quality parameters and Lactobacillus casei survival. Food Science and Nutrition. 2020; 8: 4491–4504

13. Karaca OB, Güzeler N, Tangüler H, Ya¸sar K, Akın MB. Effects of apricot fiber on the physicochemical characteristics, the sensory properties and bacterial viability of nonfat probiotic yogurts. Foods. 2019; 8, 33.

14. Gul O, Atalar I, Mortas M, Dervisoglu M. Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: A comparison with cows' milk kefir. International Journal of Dairy Technology. 2018; 71: 73-80

15. Kök-Ta¸s T, Seydim AC, Özer B, Guzel-Seydim ZB. Effects of different fermentation parameters on quality characteristics of kefir. Journal of Dairy Science. 2013; 96: 780–789

16. Akalin AS, Gonc S, Unal G, Fenderya S. Effects of fructooligosaccharide and whey protein concentrate on the viability of lactic culture in reduced-fat probiotic yogurt during storage. Food Science. 2007; 72: 1750-3841.

17. Yousefvand A, Huang X, Zarei M, Saris PEJ. Lacticaseibacillus rhamnosus GG survival and quality parameters in kefir produced

from kefir grains and natural kefir starter culture. Foods. 2022; 11: 523.
18. Kesenkas H, Ddnkcd N, Seckdn K, Kinik Ö, Gonc S, Ergonul PG, Kavas G, Gökhan K. Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of soymilk kefir. Advanced Journal of Microbiology Research. 2019; 13: 001–010.
19. Sah BNP, Vasiljevic T, McKechnie S, Donkor ON. Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fiber-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. LWT-Food Science and Technology. 2016; 65: 978–986.
20. Caballero V. Maughan L, Bolton D, Celayeta JMF. Modeling the dynamics of microbial populations and Salmonella spp. in milk kefir. Food and Bioproducts Processing. 2024; 145: 217-225
21. Gökırmaklı C, Şatır G, Guzel-Seydim ZB. Microbial viability and nutritional content of water kefir grains under different storage conditions. Food Science and Nutrition. 2024; 12:4143–4150.
22. Temiz H, Dağyildiz K. Effects of microbial transglutaminase on physicochemical, microbial and sensorial properties of kefir produced by using mixture cow' s and soymilk. Korean Journal for Food Science of Animal Resources.2017; 37: 606-616.
23. Temiz H, Çakmak E. The effect of microbial transglutaminase on probiotic fermented milk produced using a mixture of bovine milk and soy drink. Dairy Technology. 2018; 71: 906-920.
24. Ziarno M, Hasalliu R, Cwalina A. Effect of the addition of milk protein preparations on selected quality parameters and nutritional characteristics of kefir. Applied Science. 2021; 11: 966.
25. Magra TI, Antoniou KD, Psomas EI. Effect of milk fat, kéfir grain inoculum and storage time on the flow properties and microbiological characteristics of kefir. Journal of Texture Studies. 2012; 43: 299–308.
26. Yerlikaya O, Akan E, Kinik Ö. The metagenomic composition of water kefir microbiota. Gastronomy and Food Science. 2021; 30: 100621
27. Satir G. The effects of fermentation with water kefir grains on two varieties of tiger nut (Cyperus esculentus L.) milk. LWT. 2022; 171: 114164
28. Laureys D, Van Jean A, Dumont J, De Vuyst L. Investigation of the instability and low water kefir grain growth during an industrial water Kefir fermentation process. Applied Microbiology and Biotechnology. 2017; 101(7): 2811–2819
29. Witthuhn RC, Schoeman T, Britz TJ. Characterisation of the microbial population at different stages of Kefir production and Kefir grain mass cultivation. International Dairy Journal. 2005; 15: 383–389
30. Xiao R, Liu M, Tian Q, Hui M, Shi X and Hou X. Physical and chemical properties, structural characterization and nutritional analysis of kefir yoghurt. Front. Microbiol. 2023; 13:1107092. doi: 10.3389/fmicb.2022.1107092
31. Valik L, Medvedova A, Lipatkova D. Characterization of the growth of Lactobacillus rhamnosus GG. Journal of Food Nutrition Resources. 2008; 47: 60–67.