تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۰/ شماره ۷۱/پاییز و زمستان ۱۴۰۰/ص ۱۳۰-۱۱۵
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

تأثیر فیبر چغندر قند بر زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* و خصوصیات کیفی ماست میوه‌ای حاوی کامکوات به روش سطح پاسخ

شهین زمردی[1*]، رضا حیدری[2] و نفیسه احدی[3]

۱- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۲ و ۳- به ترتیب استاد؛ و دانشجوی ارشد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی، غیر دولتی صبا، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت:۹۹/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش:۹۹/۱۰/۵

چکیده

در این مطالعه، تأثیر فیبر چغندر قند بر زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست میوه‌ای حاوی کامکوات در دوره نگهداری در دمای ۱±۴ درجه سلسیوس با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) بررسی شده است. مقدار فیبر چغندر قند در محدوده صفر تا ۳ درصد و زمان نگهداری ۱ تا ۲۱ روز بود. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد با افزایش مقدار فیبر و با گذشت زمان نگهداری، تعداد کلنی‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<0.05$). با افزایش مقدار فیبر نشان داده شد درصد رطوبت، درصد آب‌اندازی و شاخص‌های رنگی L^* و b^* کاهش و شاخص a^* به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ($P<0.05$). در دوره نگهداری، شاخص‌های L^* و a^* به طور معنی‌داری به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت ($P<0.05$). مقدار اسیدیته نیز در دوره نگهداری افزایش یافت ($P<0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد که با افزایش درصد فیبر، امتیاز رنگ و طعم به طور معنی‌دار کاهش و با گذشت زمان نگهداری نیز امتیاز بافت به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. سرانجام، فیبر به میزان ۲/۵ درصد و زمان نگهداری ۲۱ روز به عنوان شرایط بهینه برای تولید ماست میوه‌ای پروبیوتیک حاوی کامکوات تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی

مواد غذایی عملگرا، پروبیوتیک، پری‌بیوتیک، ماست میوه‌ای

مقدمه

در چند دهه اخیر، تولید محصولات تخمیری لبنی پروبیوتیک به دلیل ویژگی‌های سلامت بخشی آنها افزایش یافته است. در بین اثرهای سلامتی بخش پروبیوتیک‌ها می‌توان به حفظ میکروفلور طبیعی روده، تقویت سیستم ایمنی بدن، کاهش سطح کلسترول خون و خواص ضد سرطانی آنها اشاره کرد (Mishra & Mishra, 2012). پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که چنانچه در مقادیر کافی مصرف شوند در میزبان خود

* نگارنده مسئول: Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir
http://doi: 10.22092/fooder.2020.342390.1264

© 2021,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

اثرهای سلامت بخشی ایجاد می‌کنند (Vasiljvic & Shah, 2008). یکی از محبوب‌ترین محصولات لبنی برای انتقال پروبیوتیک‌ها ماست و رایج‌ترین باکتری پروبیوتیک قابل استفاده *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* است (Lourens-Hattingh & Viljeon, 2001). متأسفانه پروبیوتیک‌ها به دلیل pH پایین و اسیدیته بالای فرآورده‌های تخمیری نمی‌توانند به سرعت در این محصولات رشد کنند و با گذشت زمان تعداد آنها در محصول نهایی کاهش می‌یابد (Donkor *et al.*, 2007). این میکروارگانیسم‌ها برای اینکه بتوانند نقش خود را در بهبود سلامتی ایفا کنند باید تعداد آنها در محصول نهایی بین 10^6 cfu/g تا 10^8 cfu/g باشد (Sendra *et al.*, 2008). یکی از راه‌های افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در مواد غذایی، استفاده از پری‌بیوتیک‌هاست. پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات غیر قابل هضمی هستند که به طور انتخابی موجب تحریک رشد و فعالیت تعدادی از باکتری‌های روده می‌شوند و در عین حال می‌توانند ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی را افزایش دهند. فیبرهای رژیمی یکی از انواع ترکیبات پری‌بیوتیک هستند که وجود آنها قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها را در فراورده‌های غذایی طی انبارمانی بهبود می‌بخشند (Saad *et al.*, 2013).

تفاله چغندر قند یکی از محصولات فرعی کارخانه‌های قند است و در واقع از ضایعات کارخانه به شمار می‌رود و در مقایسه با سایر منابع حاوی فیبر، ارزان قیمت است. معمولاً از هر ۱۰۰ تن خلال چغندر قند، ۱۰-۶ تن تفاله خشک با درصدهای متفاوت قند به دست می‌آید. تفاله چغندر قند حاوی مقدار زیادی فیبر رژیمی کم انرژی و عاری از نشاسته و فیتات است و به این دلیل می‌توان از آن به‌عنوان منبعی غنی از فیبر خوراکی استفاده کرد. فیبر چغندر قند به دلیل وجود خصوصیات تغذیه‌ای و خصوصیات عملکردی مناسب، امروزه در صنعت مورد توجه است. این فیبر سطح کلسترول و چربی خون را کاهش می‌دهد و عوارض یبوست را کم و حالت سیری و بی‌اشتهایی ایجاد می‌کند (Harland, 2018). این فیبر همچنین به‌عنوان ماده کاهش دهنده سطح گلوکز و لیپیدهای سرم و فراسنج‌های لیپیدی برای افراد دیابتی نوع ۲ نیز پیشنهاد شده است، به‌طوری‌که دریافت این فیبر به کاهش قند خون ناشتای بیماران دیابتی می‌انجامد (Sarbolooki *et al.*, 2001). فیبر تفاله چغندر قند به دلیل دارا بودن خصوصیات منحصر به فرد، برای مصرف در صنایع غذایی مختلف مناسب شناخته شده است و به دلیل حضور هر دو نوع فیبر انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر، پتانسیل بالایی در حفظ سلامتی دارد (Özboy *et al.*, 1998). ظرفیت نگهداری آب فیبر چغندر قند بسیار بالاست: ۵-۳ برابر وزن آن در آب و ۲/۵-۱ برابر وزن آن در روغن (Florence *et al.*, 1988).

محققان امکان استفاده از فیبرهای مختلف را بر زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها بررسی کرده‌اند از جمله فیبرهای سیب و گندم (Zomorodi *et al.*, 2015)، فیبرهای آناناس، انار و گندم (Ghasemi & Mahdian, 2019)، فیبرهای جو دو سر، سیب و اینولین (Guergoletto *et al.*, 2010) و فیبر جو و β–گلوکان (Ozcan & Kurtuldu, 2014) در ماست ساده، و فیبر هویج (Tohidzadeh *et al.*, 2014) ، فیبر انگور (Dibazar *et al.*, 2016) در ماست میوه‌ای. دلو استافیلو و همکاران (Dello Staffolo *et al.*, 2004) تأثیر انواع فیبرهای رژیمی را بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست بررسی کردند و گزارش دادند که نوع فیبر به کار رفته در تولید ماست تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی آن دارد.

تأثیر فیبر چغندر قند بر خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی و زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در بستنی (Mehdian *et al.*, 2013) و ماست منجمد (Mehdian *et al.*, 2014) بررسی شده است. مهدیان و همکاران (Mehdian *et al.*, 2015) تأثیر فیبر چغندر قند را در مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازیی* و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست بررسی کرده و نشان داده‌اند که افزایش فیبر چغندر منجر به کاهش آب اندازی (سینرزیس) ماست می‌شود. همچنین استفاده از فیبر چغندر در نمونه‌های حاوی سلول‌های آزاد به طور چشمگیری بقای باکتری را در دوره نگهداری بهبود می‌بخشد. با توجه به نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها، فیبر تفاله چغندر قند را می‌توان حداکثر به میزان ۰/۵ درصد در ماست پروبیوتیک بدون اثر منفی مشخصی بر ویژگی‌های حسی محصول استفاده کرد.

براساس تحقیقات، افزایش فیبر موجب کاهش خواص حسی ماست می‌شود. برای بهبود ویژگی‌های حسی ماست، لازم است از مواد طعم دهنده استفاده شود. ماست‌های طعم‌دار را با اضافه کردن مارمالاد، کنسانتره میوه‌ها یا شربت‌های طعم‌دار، قبل یا بعد از گرمخانه‌گذاری ماست، تهیه می‌کنند. ترکیبات طعم دهنده قوام ماست را کاهش می‌دهند و از طرفی موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای و تنوع محصولات در بازار می‌شوند (Tarakçi, 2010). میوه کامکوات که از خانواده مرکبات است، فواید تغذیه‌ای بسیاری دارد زیرا منبعی است غنی از فیبر، املاح (کلسیم، مس، پتاسیم، منگنز، آهن، سلنیم و روی)، ویتامین‌ها (تیامین، نیاسین، پیریدوکسین، فولات و اسید پانتوتنیک) و آنتی‌اکسیدان‌ها (فلاوونوئیدهای پلی فنلی مانند کاروتن‌ها، لوتئین، زاگزانتین و تانن‌ها)؛ مصرف این مواد اثرهای قابل توجهی در سلامت بدن دارد و از بروز سرطان، دیابت، عفونت و بیماری‌های دژنراتیو می‌کاهد (Jaliliantabar *et al.*, 2013).

هدف این مطالعه ارزیابی استفاده از فیبر چغندر قند در ماست میوه‌ای سین‌بیوتیک حاوی کامکوات و تأثیر آن بر زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و حسی آن به‌منظور تهیه ماست میوه‌ای سین‌بیوتیک است.

مواد و روش‌ها

مواد

شیر خام از روستای توپراق قلعه ارومیه، تفاله چغندر قند از کارخانه قند میاندوآب، میوه کامکوات از فروشگاه‌های محلی در میاندوآب، استارتر تجاری ماست (حاوی گونه‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیر گونه *بولگاریکوس*) و پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* از شرکت DSM استرالیا تهیه شد.

روش‌ها

طرح آزمایشی و تیمار آماری

در این تحقیق، از روش سطح پاسخ[1] (RSM) و طرح مرکب مرکزی[2] (CCD) استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل مقدار فیبر چغندر قند و زمان نگهداری در ۳ سطح بود. سطوح متغیرها در جدول ۱ آورده شده است.

1- Response Surface Methodology (RSM)

2- Central Composite Design (CCD)

جدول ۱-نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها

فاکتور	کمینه	مرکزی	بیشینه
فیبر (درصد)	۰	۱/۵	۳3
زمان (روز)	۱	۱۱	۲۱

نمونه‌های آزمایش ۱۳ عدد بود، ۵ آزمون تکرار در نقطه مرکزی بود که از این نقاط برای تعیین خطای آزمایش استفاده شد. داده‌ها با نرم افزار SAS 9.2 مدل‌سازی شد و شکل‌های ۳ بعدی این طرح (منحنی‌های سطح پاسخ) برای بررسی رابطه میان پاسخ و متغیرهای مستقل رسم شد. آنالیز رگرسیون با مدل درجه دوم بر طبق رابطه ۱ انجام گرفت:

$$Y=ß_o+ß_1X_1+ß_2X_2+ß_{11}X_1^2+ß_{22}X_2^2+ß_{12}X_1X_2 \quad (۱)$$

که در آن،

Y = پاسخ پیش بینی شده؛ $ß_0$= ضریب ثابت؛$ß_1$ و $ß_2$ = اثرهای خطی؛ $ß_{11}$و $ß_{22}$ = اثر مربعات؛ و $ß_{12}$ = اثر متقابل است.

روش تهیه فیبر چغندر قند

برای تهیه فیبر چغندر قند، ابتدا تفاله‌ها پس از جدا کردن قسمت‌های سیاه آنها در آب داغ ۲±۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه شستشو داده شد. پس از آبکشی، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت حدود ۵ درصد خشک گردید. به منظور به‌دست آوردن فیبر با ذرات مشخص و یکنواخت، این تفاله خشک‌شده آسیاب و از بین الک‌هایی با مش ۷۰-۴۰ عبور داده شد؛ ذرات فیبر با اندازه‌های ۰/۴۲- ۰/۲۲ میلی‌متر به‌دست آمد (Michel *et al.*, 1988).

ویژگی‌های فیبر از جمله درصد رطوبت (از طریق خشک کردن در آون ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس)، خاکستر (با سوزاندن در کوره در دمای ۵±۵۵۰ درجه سلسیوس) تعیین گردید. برای تعیین اسیدیته (بر حسب اسید لاکتیک) و pH، مقدار ۱۸ گرم از فیبر به ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به مدت یک ساعت در حمام آب ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده‌شد. پس از صاف کردن، pH با pH متر و اسیدیته به روش پتانسیومتری تعیین شد (AOAC, 2012). برای تعیین ظرفیت نگهداری آب، به ۵ گرم از فیبر به‌دست‌آمده ۲۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ g سانتریفوژ شد (Esposito *et al.*, 2005). برای شمارش کپک و مخمر، از رقت ۰/۱ در محیط کشت پتیتو دکستروز آگار[1](PDA) به روش سطحی کشت داده شد و انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز اجرا شد.

روش تهیه مارمالاد کامکوات

میوه‌های کامکوات پس از تمیز و شسته‌شدن، برای گرفتن تلخی پوست چندین بار جوشانده شدند. این میوه‌ها پس از آبکشی و سرد شدن به دو نیم تقسیم شدند، هسته آنها گرفته‌شد، و به‌صورت پوره در آورده شدند؛ برابر وزن آنها شکر اضافه و به‌مدت ۳۰ دقیقه جوشانیده شد تا پخته، غلیظ، و پس از سرد شدن به‌کارگرفته شود.

ویژگی‌های مارمالاد از جمله pH (با استفاده از pH متر)، بریکس (به روش رفراکتومتری)، رطوبت به روش خشک کردن در آون خلأ و اسیدیته (بر

1- Potato Dextrose Agar (PDA)

حسب اسید سیتریک) با تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال به روش پتانسیومتری تا pH=۸/۳ تعیین گردید. همچنین تعداد کپک و مخمر مارمالاد نیز برابر روش ذکر شده برای فیبر شمارش شدند.

روش تهیه ماست

شیر تا دمای ۵۰ درجه سلسیوس گرم شد و فیبر چغندر در مقادیر صفر، ۱/۵ و ۳ درصد، بر اساس نوع تیمار، افزوده شد و در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه در حال هم زدن آرام، در حمام آب گرم پاستوریزه گردید.

پس از خنک شدن تا دمای ۴۳ درجه سلسیوس، استارتر تجاری ماست (YC-X11) و پروبیوتیک *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*، مطابق با توصیه‌های شرکت سازنده، اضافه و مخلوط گردید. تیمارها در انکوباتور ۴۳ درجه سلسیوس تا رسیدن pH آن‌ها به ۴/۶، که به طور مداوم کنترل می‌گردید، نگهداری شدند. نمونه‌ها تا دمای ۱۰ درجه سلسیوس سرد و مقدار ۲۲ درصد (وزنی/ وزنی) مارمالاد کامکوات در شرایط استریل به آنها اضافه گردید و به آرامی به مدت ۲ دقیقه هم زده شد و به کمک آب یخ به‌سرعت تا ۴ درجه سلسیوس سرد شدند (Tohidzadeh *et al.*, 2016). نمونه‌های ماست تولیدی به مدت ۲۱ روز در دمای ۴±۲ درجه سلسیوس نگهداری شدند. آزمایش نمونه‌ها در دوره نگهداری و در فاصله‌های زمانی ۱، ۱۱ و ۲۱ روز مطابق طرح آزمایشی دنبال شد.

شمارش *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*

ده گرم از نمونه‌های ماست در شرایط استریل با ۹۰ میلی‌لیتر آب پپتون یک دهم درصد استریل همگن شد. سری رقت‌ها با افزایش ۱ میلی‌لیتر از هر رقت به ۹ میلی‌لیتر محلول آب پپتون استریل تهیه گردید. پس از آن ۱ میلی‌لیتر از رقت مورد نظر در محیط کشت RCA[1] به روش پور پلیت کشت داده شد. پلیت‌ها در شرایط بی‌هوازی با گاز پک A در جار بی‌هوازی در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت انکوبه شدند. سپس تعداد کلنی‌ها شمارش گردید (Dave & Shah, 1996).

روش‌های تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ماست

رطوبت با خشک کردن در آون در ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس و اسیدیته قابل تیترکردن از طریق تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال به روش پتانسیومتری تا pH= ۸/۳ بر حسب اسید لاکتیک تعیین شد (AOAC, 2012).

برای تعیین آب اندازی، ۵۰ گرم ماست روی کاغذ صافی قرار داده شده روی یک قیف، ریخته و مدت ۲ ساعت در دمای یخچال قرار داده شد. آب جمع شده در ارلن مایر وزن شد و درصد آب اندازی از رابطه زیر به‌دست آمد (Tohidzadeh *et al.*, 2014).

درصد آب اندازی= (وزن نمونه اولیه ماست/ وزن مایع آزاد شده)×۱۰۰

رنگ نمونه‌های ماست میوه‌ای با تعیین شاخص‌های رنگ شامل b^* (نشان دهنده طیف رنگی آبی تا زرد)، a^* (نشان دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز) و L^* (نشان دهنده طیف سیاه تا سفید) با استفاده از روش رنگ‌سنجی دیجیتالی با دوربین المپیوس ۱۲ مگاپیکسل و نرم افزار image J تعیین و از نمونه‌ها در داخل جعبه‌ای به ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متری با زمینه‌ای به رنگ سفید عکس‌برداری‌شد (Zomorodi, 2013).

روش تعیین خواص حسی نمونه‌ها

خواص حسی نمونه‌ها شامل طعم و رنگ به‌کمک گروه ارزیاب حسی با استفاده از روش هدونیک ۵

1- Reinforced Clostridial Agar (RCA)

نقطه‌ای تعیین شد. از هر تیمار ۲۰ نمونه یکسان تهیه و همراه با فرم مخصوص به داوران داده شد تا با توجه به ذائقه خود فرم‌ها را تکمیل کنند. برای این منظور امتیاز ۵ برای کیفیت مطلوب و امتیاز ۱ برای کیفیت نامطلوب اختصاص داده شد. داوران، بین آزمون هر نمونه، برای شستشوی دهان خود از آب استفاده کردند (Tarakci & Kucukoner, 2004).

نتایج و بحث

خصوصیات مواد اولیه

در جدول‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب خصوصیات فیزیکوشیمیایی شیر خام مصرفی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و شمارش میکروبی فیبر چغندر قند و مارمالاد کامکوات ودر جدول‌های ۴ و ۵ نتایج تجزیه آماری داده‌ها آورده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر خام مصرفی

چربی (درصد)	پروتئین (درصد)	ماده خشک (درصد)	اسیدیته (درصد)	pH	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۳/۳±۰/۰۰	۳/۰±۰/۰۳	۱۲/۵±۰/۱۲	۰/۱۴±۰/۰۱	۶/۷±۰/۰۳	۱/۰۲۷۹±۰/۰۰۰۲

اعداد داخل جدول میانگین ۳ تکرار است.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و شمارش میکروبی فیبر چغندر قند و مارمالاد کامکوات

ترکیبات	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	pH	اسیدیته (درصد)	کپک (لگاریتم پرگنه در گرم)	مخمر (لگاریتم پرگنه در گرم)
فیبر چغندر قند	۴/۹۴±۰/۰۹	۴/۶۳±۰/۰۲	۴/۳۷±۰/۰۱	۱/۱۹±۰/۰۱	nd	nd
مارمالاد	۳۹/۲۷±۱/۰۴	۰/۴۰±۰/۰۵	۳/۷۸±۰/۰۱	۰/۹۴±۰/۰۲	nd	nd

اعداد داخل جدول میانگین ۳ تکرار است.

جدول ٤- تجزیه آماری پروبیوتیک‌ها و خواص فیزیکیوشیمیایی نمونه‌های ماست

منابع متغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		بیفیدوباکتریوم ببیفیدوم	اسیدیته	رطوبت	آب اندازی
فیبر (A)	۱	0/5569**	0/0029^{ns}	8/0148**	878/94**
زمان (B)	۱	0/4306*	0/0040^{ns}	0/1971^{ns}	14/107^{ns}
A^2	۱	0/2974*	0/0003^{ns}	0/1127^{ns}	8/829^{ns}
AB	۱	0/0048**	1/6E-7^{ns}	0/0166^{ns}	6/477^{ns}
B^2	۱	0/3798^{ns}	0/0050^{ns}	0/2602^{ns}	3/8322^{ns}
مدل	۵	0/297^{ns}	0/0029^{ns}	1/7024**	183/90**
خطی	۲	0/4937	0/0035^{ns}	4/1059**	446/53**
درجه دوم	۲	0/2463	0/0037^{ns}	0/1418ns	9/997^{ns}
اثر متقابل	۱	0/0048	1/6E-7^{ns}	0/0163ns	6/477^{ns}
خطا	۷	0/0404	0/0011	0/1864	9/0474
عدم برازش داده‌ها	۳	0/0711^{ns}	0/0010^{ns}	0/2722^{ns}	12/783^{ns}
خطای خالص	۴	0/0175	0/0012	0/1222	6/246
کل	۱۲	1/7676	0/0221	9/8171	982/85
ضریب تبیین		84/00%	64/64%	86/70%	93/56%
ضریب تبیین اصلاح شده		72/57%	39/39%	77/21%	88/95%
ضریب تغییرات		2/6514	3/9266	0/5566	18/885

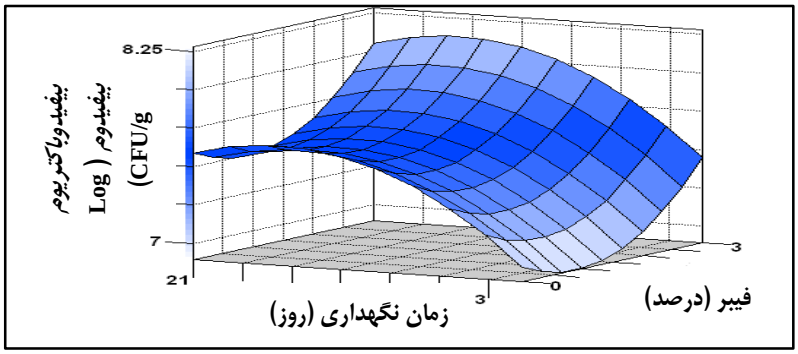
** p<0.01, * p<0.05, ns: not significant

تأثیر تیمارها بر زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*

با توجه به نتایج تجزیه آماری داده‌ها (جدول ۴)، دیده می‌شود که تأثیر متقابل مقدار فیبر و زمان نگهداری بر زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* معنی‌دار است ($P<0.05$). شکل ۱، تأثیر مقدار فیبر بر تعداد *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* را در دوره نگهداری در ماست پروبیوتیک حاوی مارمالاد کامکوات نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش درصد فیبر و در دوره نگهداری به طور معنی‌داری تعداد *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*ها افزایش می‌یابد ($P<0.05$). در پایان دوره نگهداری (پس از ۲۱ روز) تعداد *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در نمونه حاوی ۳ درصد فیبر در حدود ۸/۱۶ سیکل لگاریتمی است؛ در حالی‌که در نمونه فاقد فیبر این تعداد در حدود ۷/۵۶ سیکل لگاریتمی است (افزایش حدود ۰/۶ سیکل لگاریتمی). این نتیجه مؤید اثر مثبت فیبر چغندر بر قابلیت زنده‌مانی باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در ماست میوه‌ای حاوی مارمالاد کامکوات در دوره نگهداری است.

دلیل این افزایش را می‌توان به خاصیت پری‌بیوتیکی فیبر چغندر قند نسبت داد. حضور ترکیبات پری‌بیوتیکی به دلیل تحریک رشد و فعالیت پروبیوتیک‌ها، از مهم‌ترین دلایل بقای بیشتر پروبیوتیک‌هاست. پری‌بیوتیک‌ها ممکن است برخی از مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها را تأمین یا

شرایط نامطلوب و منفی محیطی، از جمله آسیب‌های اسیدی را تعدیل کنند (Desai *et al.*, 2004). با توجه به نتایج تحقیقات، مقدار فیبر کل چغندر قند در حدود ۶۷/۵ درصد و از این مقدار ۲۴/۱ درصد انحلال‌پذیر و ۴۳/۴ درصد انحلال‌ناپذیر است (Ghobadi *et al.*, 2018). ترکیبات فیبر انحلال‌ناپذیر موجود در فیبر تفاله چغندر قند شامل پکتین (۳۰ درصد)، همی‌سلولز (۴۰ درصد)، سلولز (۲۵ درصد) و لگنین (۵ درصد) است (Abbasi, 2009). حضور این ترکیبات موجب تحریک رشد و فعالیت *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*‌ها می‌شود و زنده‌مانی آنها افزایش می‌دهد. سیندرا و همکاران (Sendra *et al.*, 2008) می‌گویند دلیل افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها شاید افزایش فیبرها، تبدیل سریع لاکتوز به اسید لاکتیک، تأثیر متقابل اجزای شیر (به طور عمده پروتئین‌ها)، تثبیت شبکه پروتئینی و جلوگیری از انتقال آب آزاد باشد.



شکل ۱- تأثیر مقدار فیبر بر تغییرات بیفیدوباکتریوم بیفیدوم در دوره نگهداری ماست حاوی مارمالاد کامکوات

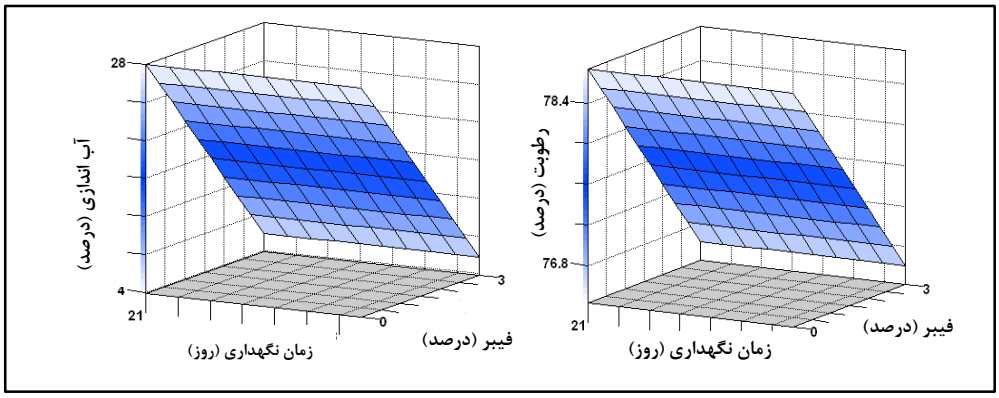
در بیشتر تحقیقات، افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌های مختلف در اثر افزودن انواع فیبرها گزارش شده است: افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در اثر افزودن فیبر سیب و گندم (Zomorodi *et al.*, 2015)، افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازیی* در اثر استفاده از فیبر هویج (Tohidzadeh *et al.*, 2014)، افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* در اثر افزودن فیبر انگور (Dibazar *et al.*, 2016)، افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در اثر افزودن فیبرهای حاصل از ضایعات آناناس، انار و گندم (Ghasemi & Mahdian, 2019) افزایش زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس کازیی* در اثر استفاده از فیبرهای جو دو سر، سیب و اینولین (Guergoletto *et al.*, 2010) و افزایش زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در اثر استفاده از فیبر جو و β–گلوکان (Ozcan & Kurtuldu, 2014).

یکی از فاکتورهای بسیار مهم در فرآورده‌های پروبیوتیکی، حفظ تعداد پروبیوتیک‌ها در دوره نگهداری محصول است. راهکارهای بهبود بقای باکتری‌های پروبیوتیک حین نگهداری عبارت‌اند از: انتخاب گونه‌های مقاوم به اسید و صفرا، درصد تلقیح، تخمیر دو مرحله‌ای، ریزپوشانی و افزودن پری‌بیوتیک‌ها.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست میوه‌ای سین‌بیوتیک

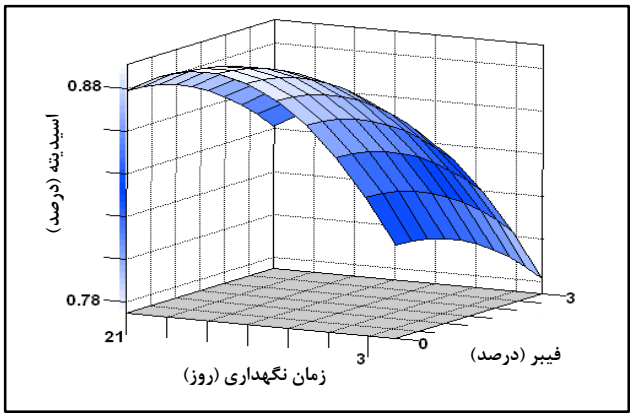
با توجه به نتایج تجزیه آماری داده‌ها (جدول ۴)، تأثیر خطی مقدار فیبر چغندر قند بر درصد رطوبت و آب اندازی نمونه‌ها معنی‌دار است ($P<0.05$). در شکل ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار فیبر،

درصد رطوبت و آب اندازی ماست به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش رطوبت و آب اندازی را می‌توان به خاصیت جذب آب فیبرها نسبت داد. فیبر چغندر قند به دلیل دارا بودن گروه‌های هیدروکسیل، از طریق باندهای هیدروژنی واکنش متقابل با آب را افزایش می‌دهد. این فیبر همچنین حاوی مقدار زیادی ترکیبات هیدروکلوئیدی مانند سلولز، همی‌سلولز و پکتین است (Abbasi, 2008). در نتیجه، این ترکیبات می‌توانند میزان جذب آب را افزایش و رطوبت را کاهش دهند. فیبر چغندر قند دارای ظرفیت نگهداری آب بسیار بالایی است: ۵-۳ برابر وزن آن در آب و ۲/۵-۱ برابر وزن آن در روغن (Florence *et al.*, 1988). توانایی فیبرها در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با اجزای شیر، به ویژه پروتئین‌ها، و در نتیجه پایداری شبکه پروتئینی می‌توانند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کند که نتیجه آن کاهش آب اندازی است. از فیبرها به دلیل خصوصیاتشان در جذب آب می‌توان برای جلوگیری از آب اندازی یا کاهش آن استفاده کرد. آب اندازی در ماست جدا شدن فاز آبی از فاز پیوسته، یعنی شبکه ژل است. آب اندازی از فاکتورهایی است که کیفیت ماست را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۲- تأثیر مقدار فیبر بر تغییرات رطوبت و آب اندازی در دوره نگهداری ماست حاوی مارمالاد کامکوات

کاهش رطوبت و آب اندازی در انواع ماست در اثر استفاده از انواع فیبرها در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Zomorodi *et al.*, 2015; Tohidzadeh *et al.*, 2014; Dibazar *et al.*, 2016; Ghasemi & Mahdian, 2019; Guergoletto *et al.*, 2010; Ozcan & Kurtuldu, 2014) این محققان به‌ترتیب نشان داده‌اند که استفاده از فیبر سیب و گندم، فیبر هویج، فیبر انگور، فیبرهای آناناس، انار و گندم، فیبر جو دو سر، سیب و اینولین و فیبر جو و β –گلوکان در ماست موجب کاهش رطوبت و آب‌اندازی می‌شود. دلو استافلو و همکاران (Dello Staffolo *et al.*, 2004) نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که ماست حاوی فیبر سیب و گندم سینرزیس (آب اندازی) کمتری نسبت به نمونه‌های بدون فیبر دارند که نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق را تأیید می‌کند. با افزایش فیبر چغندر قند، تأثیر معنی‌داری در اسیدیته نمونه‌ها مشاهده نشد. اما اسیدیته، با توجه به شکل ۳، در دوره نگهداری افزایش می‌یابد ($P<0/05$). علت افزایش اسیدیته در دوره نگهداری، تولید اسید در ماست میوه‌ای بر اثر تخمیر لاکتوز ناشی از فعالیت استارترهای ماست است (Zomorodi, 2013). سایر محققان نیز (Tarakci & Kucukoner, 2004; Tarakçi, 2010) نتایجی مشابه گزارش داده‌اند.



شکل ۳- تأثیر مقدار فیبر بر تغییرات اسیدیته در دوره نگهداری ماست حاوی مارمالاد کامکوات

ارزیابی رنگ

تغییرات رنگ ماست با اندازه‌گیری پارامترهای رنگ‌سنجی (L^*، a^* و b^*) بررسی شد. پارامتر L^* بیانگر میزان روشنایی و نشان‌دهنده طیف سیاه تا سفید است که ارزش آن در محدوده صفر تا ۱۰۰ است. پارامتر a^* نشان‌دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز است و از لحاظ عددی در بازه ۱۲۰- (سبز مطلق) تا ۱۲۰ (قرمز مطلق) قرار دارد. پارامتر b^* نشان‌دهنده طیف رنگی آبی تا زرد و از لحاظ عددی در محدوده ۱۲۰- (آبی مطلق) تا ۱۲۰ (زردی مطلق) است (Zomorodi *et al.*, 2015). با توجه به نتایج تجزیه آماری داده‌ها (جدول ۵)، تأثیر خطی مقدار فیبر بر پارامتر L^* (میزان روشنایی)، a^* (طیف رنگی قرمز) و b^* (طیف رنگی زرد) نمونه‌های ماست معنی‌دار است ($P<0.05$). با توجه به شکل ۴، افزایش مقدار فیبر چغندر قند موجب کاهش طیف رنگی زرد (اندیس b^* مثبت) و افزایش طیف رنگی سیاه (اندیس L^* منفی) شده‌است. اما طیف رنگی قرمز (اندیس a^* مثبت) نمونه‌ها با افزایش مقدار فیبر چغندر قند افزایش یافته است. دلیل آن را می‌توان به قهوه‌ای و تیره بودن رنگ فیبر چغندر قند نسبت داد که موجب تغییر رنگ نمونه‌های ماست شده است فیلیپوویچ و همکاران (Filipovic *et al.*, 2007) نشان دادند، که با رنگ‌بری تفاله چغندر قند با هیدروژن پراکسید می‌توان رنگ قهوه‌ای فیبر را از بین برد.

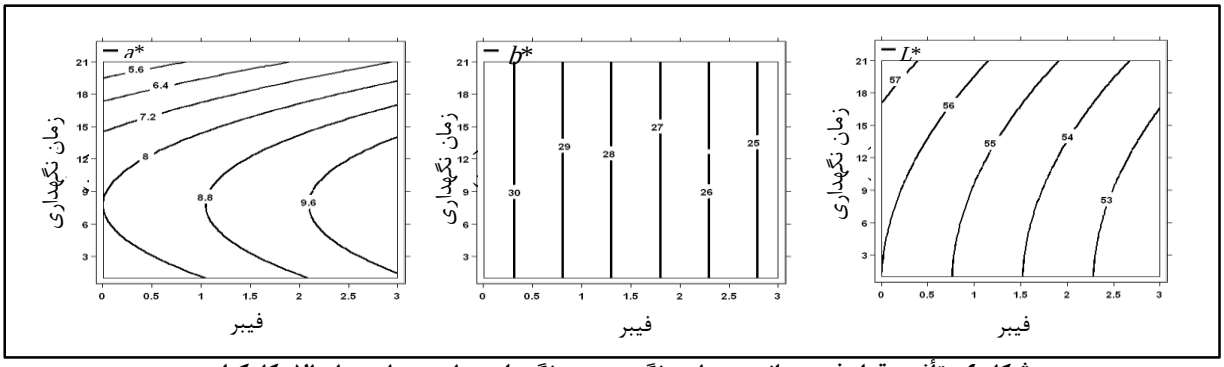
دلو استافلو و همکاران (Dello Staffolo *et al.*, 2004) کاهش میزان روشنایی (L^*) را در نمونه‌های ماست حاوی فیبر سیب گزارش کردند. دیبازر و همکاران (Dibazar *et al.*, 2016) نیز گزارش کردند که افزایش فیبر انگور به ماست میوه‌ای موجب کاهش طیف رنگی زرد (اندیس b^* مثبت) و افزایش طیف رنگی سیاه (اندیس L^* منفی) می‌شود. زمردی و همکاران (Zomorodi *et al.*, 2015) نیز نشان دادند که با افزایش فیبر سیب به ماست، اندیس L^* و اندیس a^* منفی کاهش و به عبارت دیگر اندیس a^* مثبت افزایش پیدا کرده‌است. سیکین و بالادورا (Seckin & Baladura, 2012) نیز نشان دادند اندیس a^*و L^* در نمونه‌های ماست حاوی فیبر سیب به‌طور معنی‌داری کمتر از این اندیس‌ها در نمونه‌های حاوی فیبر گندم و بامبو است. نتایج حاصل از این بررسی با نتایج تحقیقات گفته‌شده همخوانی دارد. دبیجا و همکاران (Dabija *et al.*, 2018) با کاربرد فیبرهای اینولین، نخود فرنگی، جو دوسر و گندم در ماست، نتایج مشابهی گزارش داده‌اند.

جدول ۵- تجزیه آماری اندیس‌های رنگ و خواص حسی نمونه‌های ماست

منابع متغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اندیس‌های رنگ			خواص حسی		
		*L**	*a**	*b**	رنگ	طعم	بافت
فیبر (A)	۱	23/4314**	7/8845**	55/2977**	6/8267**	1/3067**	0/1067^{ns}
زمان (B)	۱	1/5596^{ns}	7/5264**	4/8438^{ns}	0/0267^{ns}	1/31E-31^{ns}	0/0267^{ns}
A^2	۱	0/5075^{ns}	0/1011^{ns}	2/6940^{ns}	0/0579^{ns}	0/0021^{ns}	0/2780^{ns}
AB	۱	0/15801^{ns}	0/4206^{ns}	2/9808^{ns}	0/01^{ns}	0/09^{ns}	0^{ns}
B^2	۱	79/3683**	9/1652**	12/441^{ns}	0/3284^{ns}	0/0821^{ns}	0/6437*
مدل	۵	24/8482**	5/1626**	15/133*	1/4876**	0/2967^{ns}	0/1669^{ns}
خطی	۲	12/495*	7/7054**	30/071*	3/4267**	0/6533*	0/0667^{ns}
درجه دوم	۲	49/5461**	4/9907**	6/2722^{ns}	0/2874^{ns}	0/0434^{ns}	0/3506^{ns}
اثر متقابل	۱	0/1580^{ns}	0/4206^{ns}	2/9808^{ns}	0/01^{ns}	0/09^{ns}	0^{ns}
خطا	۷	1/78698	0/3696	3/3903	0/1084	0/0984	0/0909
عدم برازش داده‌ها	۳	3/2468^{ns}	0/6806^{ns}	5/089^{ns}	0/1889^{ns}	0/0803^{ns}	0/0414^{ns}
خطای خالص	۴	0/6922	0/1365	2/1162	0/048	0/112	0/128
کل	۱۲	136/7501	28/4	99/399	8/1969	2/1723	1/4708
ضریب تبیین	-	0/9085	0/9089	0/7612	0/9074	0/6829	0/5674
ضریب تبیین اصلاح شده	-	0/8432	0/8438	0/5907	0/8413	0/4564	0/2583
ضریب تغییرات	-	2/4487	7/449	6/6736	9/184	8/156	7/655

** p<0.01, * p<0.05, ns: not significant

همان طورکه از جدول ۵ مشخص است، تأثیر مربعی زمان نگهداری بر پارامتر L^* و a^* معنی‌دار است ($P<0.05$). با افزایش زمان نگهداری میزان روشنایی محصول به طور معنی‌داری افزایش و طیف رنگی قرمز به طور معنی‌داری کاهش یافته است ($P<0.05$). مقدار کل پرتوهای برگشت داده شده با شاخص L^* مشخص می‌شود. افزایش در مقدار نورهای برگشتی موجب افزایش در سفیدی نمونه‌ها خواهد شد (Smiddy *et al.*, 2006). احتمالاً با گذشت زمان در اثر واکنش‌هایی که طی تخمیر رخ می‌دهد میزان انعکاس نور بیشتر و سفیدی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همین‌طور روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌ها موجب کاهش میزان قرمزی نمونه‌ها نیز می‌شود.



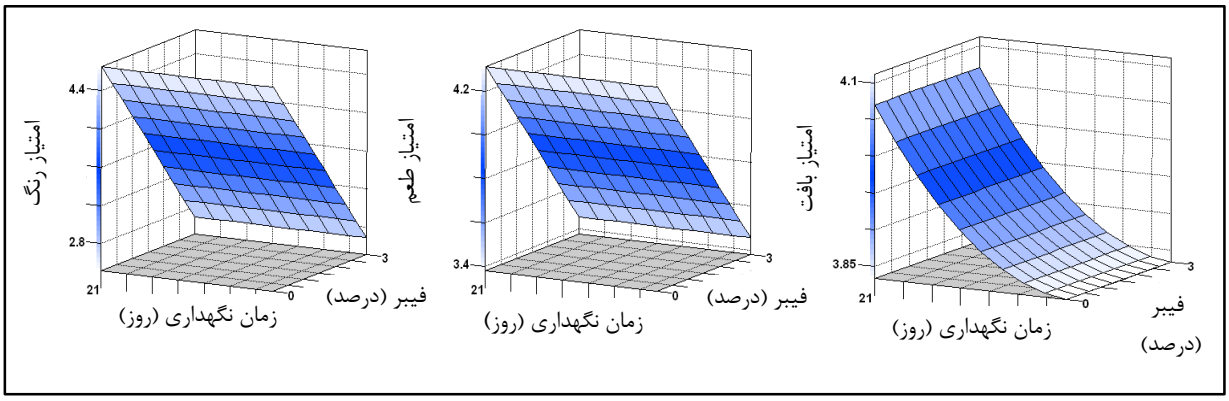
شکل ٤- تأثیر مقدار فیبر بر اندیس‌های رنگ در دوره نگهداری ماست حاوی مارمالاد کامکوات

آنالیز حسی

هرچند ارزش اساسی فرآورده‌های پروبیوتیک قابلیت زیستی آنهاست، اما خواص حسی نیز جایگاه پراهمیتی دارند زیرا تمایل مصرف‌کننده را تعیین می‌کنند. خواص حسی در سطح وسیعی برای کنترل و بهبود کیفیت غذاها و تأمین خواسته مصرف‌کنندگان استفاده می‌شود (Zomorodi *et al.*, 2015).

نتایج تجزیه آماری داده‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که تأثیر خطی فیبر بر امتیاز رنگ و طعم و تأثیر مربعی زمان نگهداری بر امتیاز بافت ماست میوه‌ای کامکوات معنی‌دار است ($P<0.05$). با توجه به شکل ۵، با افزایش درصد فیبر امتیاز رنگ و طعم کاهش یافته‌است ($P<0.05$). دلیل این امر می‌تواند مربوط به رنگ و طعم فیبر چغندر قند باشد. این نتایج با نتایج حاصل از اندیس‌های رنگ نیز مطابقت دارد. زمردی و همکاران (Zomorodi *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که با افزایش مقدار هر دو فیبر سیب و گندم، امتیاز رنگ و طعم نمونه‌های ماست به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که این کاهش در تیمارهای حاوی فیبر سیب بیشتر است تا در تیمارهای حاوی فیبر گندم. توحیدزاده و همکاران (Tohidzadeh *et al.*, 2014) و فرانند و گارسیا و همکاران (Ferna'ndez-Garci'a *et al.*, 1997) نیز نتایج مشابهی گزارش داده‌اند. سیندرا و همکاران (Sendra *et al.*, 2008) نیز نشان دادند، که افزایش فیبر موجب کاهش معنی‌دار خواص حسی ماست می‌شود.

قاسمی و مهدیان (Ghasemi & Mahdian, 2019) نیز نشان دادند که با افزایش فیبرهای آناناس، انار و گندم، امتیاز طعم و رنگ ماست کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. دلو استافلو و همکاران (Dello Staffolo *et al.*, 2004) نشان دادند که افزایش ۱/۳ درصد فیبر به ماست تأثیری در خواص حسی آن ندارد؛ افزایش بیشتر از این مقدار موجب کاهش معنی‌دار خواص حسی ماست می‌شود که نوع و مقدار فیبر به کار رفته در این امر مؤثر است به طوری که ماست‌های حاوی مقادیر اندک فیبرهای آناناس، انار و گندم در مقایسه با ماست‌های مقادیر بالاتر، بهتر بودند.



شکل ۵- تأثیر مقدار فیبر بر خواص حسی در طول نگهداری ماست حاوی مارمالاد کامکوات

از جدول ۵ مشخص است که با گذشت زمان نگهداری، امتیاز بافت به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. تقویت ژل کازئینی در اثر اسیدی‌شدن ثانویه و بازآرایی بعدی کازئین در اطراف باکتری‌های

آغازگر و همچنین تولید اگزوپلی‌ساکاریدها توسط باکتری‌های اخیر می‌تواند یکی از دلایل سفتی بافت ماست در خلال نگهداری باشد (Aghajani *et al.*, 2012).

بهینه‌سازی

با توجه به تحلیل نمودارها و این نکته که شرایط بهینه برای یک پاسخ ممکن است برای پاسخ دیگری نامساعد باشد، باید شرایطی را معرفی کرد که تا حد امکان تمامی پاسخ‌ها را به نحو رضایت‌بخشی بهینه کند. برای بهینه‌سازی، کانتور پلات‌های مختلف روی هم قرار داده شد و منطقه‌ای به‌عنوان منطقه بهینه معرفی گردید که مشخصات تمامی پاسخ‌ها را بر آورد می‌کند. مبنای بهینه‌سازی به حداکثر رساندن زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*، مقدار فیبر، زمان نگهداری و خواص حسی و به حداقل رساندن آب‌اندازی (سینرزیس) و رطوبت بود. بر این اساس، شرایط بهینه برای تولید ماست میوه‌ای کامکوات پروبیوتیک، میزان فیبر چغندر قند ۲/۵ درصد و زمان نگهداری ۲۱ روز تعیین گردید. در این شرایط تعداد کلنی‌های *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* در حدود ۷/۷۹ سیکل لگاریتمی، رطوبت ۷۶/۸۱ درصد، آب اندازی ۷/۸۶ درصد و میزان روشنایی (L^*) ۵۴/۰۲، طیف رنگی قرمز (a^*) ۷/۰۹ و امتیاز رنگ و طعم به ترتیب ۳/۸۷ و ۳/۷۵ از ۵ بود. مقدار مطلوبیت کلی نیز در حدود ۰/۸۵ به دست آمد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، افزایش فیبر چغندر قند موجب شد تا قابلیت زنده‌مانی *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* افزایش و آب اندازی و رطوبت و نیز خواص حسی کاهش یابد. برای دستیابی به خواص حسی در محدوده خوب و قابل قبول، کاربرد ۲/۵ درصد فیبر چغندرقند در تهیه ماست میوه‌ای سین‌بیوتیک میوه‌ای حاوی مارمالاد کامکوات پیشنهاد می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Abbasi, Z. 2008. Sugar beet pulp fiber Suitable ingredients for the production of functional production. 2nd National Conference on functional Food. Dec. 1. Tarbiat Modarres University, Tehran. Iran. (In Persian).

Aghajani, A., Pourahmad, R. and Mahdavi Adeli, H. R. 2012. The effect of prebiotic compounds on probiotic yogurt containing *Lactobacillus casei*. Journal of Food Technology and Nutrition. 4(32): 82-73. (In Persian).

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis 19thEd. Arlington, VA, AOAC International.

Dabija, A., Codină, G. G., Gâtlan, A. M. and Rusu, L. 2018. Quality assessment of yogurt enriched with different types of fibers. CYTA – Journal of Food. 16(1): 859–867.

Dave, R. I. and Shah, N.P. 1996. Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophillus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. acidophilus* and *bifidobacteria*. Journal of Dairy Science. 79(9): 1529-1536.

Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M. and Bevilacqua, A. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal. 14(3): 263-268.

Desai A.R., Powell, I.B. and Shah, N. P. 2004. Survival and activity of probiotic Lactobacilli in skim milk containing prebiotics. Journal Food Science. 69(3): 57–60.

Dibazar, P., Khosrowshahi Asl, A. and Zomorodi, Sh. 2016. Optimization grape fiber and chitosan amounts in fruit yoghurt using response surface methodology (RSM). Journal of Food Sicence and Technology. 13(51): 75-88. (In Persian).

Donkor, O. N., Nilmini, S. L. I., Stolic, P., Vasiljevic, T. and Shah, N.P. 2007. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. International Dairy Journal. 17(6): 657-665.

Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A. and Napolitano, A. 2005. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. Food Research International. 38(11): 1167–1173.

Fernandez-Garcia, E. and McGregor, J. U. 1997. Fortification of Sweetened Plain Yogurt with Insoluble Dietary Fiber. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A. 204(6): 433-437.

Florence, M., Jean-Franqois, T. and Jean-Luc, B. 1988. Preparation and Characterisation of Dietary Fibre from Sugar Beet Pulp. Journal of Sicence Food Agriculture. 42(1): 77-85.

Filipovic, N., Djuric, M. and Gyura, J. 2007. The Effect of the Type and Quanity of Sugar Beet Fiber on Bread Characteristics. Journal Food Engneering. 78(3): 1047-1053.

Ghasemi, S. and Mahdian, E. 2019. Evaluation of the prebiotic effects of fibers from pineapple, pomegranate and wheat by-products in synbiotic yoghurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus* la-5. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 13(4): 89-96. (In Persian).

Ghobadi, M., Varidi, M. J. and Varidi, M. 2018. Evaluation of physicochemical and functional properties of wheat, sugar beet and potato dietary fiber. Journal of Food Industry Research. 27(1): 1-12. (In Persian).

Guergoletto K. B., Magnani M., San Martin J., Andrade J. C. G. T. and Garcia S. 2010. Survival of Lactobacillus casei (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11(2): 415–421.

Harland, J. I. 2018. Authorised EU health claim for sugar beet fibre. Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Volume 3, 113-128.

Jaliliantabar, F., Lorestani, A. N. and Gholami, R. 2013. Physical properties of kumquat fruit. International Agrophysics. 27(1): 107-109.

Mahdian, A., Milani, A., Karagian, R. and Halajan, S. 2014. Investigation of the effect of sugar beet fiber addition on the rheological, physicochemical characteristics and viability of Lactobacillus Acidophilus in frozen probiotic yogurt. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 6, 47-58. (In Persian).

Mehdian, A., Karagian, R. and Vaghee, T. 2015. Effect of microencapsulation process on calcium alginate substrate and addition of fiber from sugar beet pulp on viability of Lactobacillus casei LC and qualitative properties of probiotic yogurt. Innovation in Food Science and Technology. 7, 57-67. (In Persian).

Mehdian, E., SanghAtash. M., Karagian, R. and Vaghee, T. 2013. Evaluation of the possibility of producing synbiotic ice cream using fiber derived from sugar beet by product and Bifidobacterium bifidum BB-12. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology. 3(2): 115-128. (In Persian).

Michel, F., Thibault, J. F. and Barry, J. L. 1988. Preparation and characterization of dietary fibers from sugar-beet pulp. Journal of Science Food Agriculture. 42(1): 77-85.

Mishra, S. and Mishra, H. N. 2012. Technological aspects of probiotic functional food development. Nutrafoods. 11(4); 117–130.

Özboy, Ö., Sahbaz, F. and Köksel, H. 1998. Chemical and physical characterisation of sugar beet fiber. Acta Alimentaria. 27(2): 137-148.

Ozcan, T. and O. Kurtuldu, O. 2014. Influence of dietary fiber addition on the properties of probiotic yogurt. International Journal of Chemical Engineering and Applications. 5(5), 397-401.

Saad, N., Delattre, C., Urdaci, M., Schmitter, J.M. and Bressollier, P. 2013. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. LWT - Food Science and Technology. 50(1): 1-16.

Sarbolouki, S., Taleban, F. A. and Valai, N. 2001. Effect of beet fiber on serum fasting blood sugar and Lipids of type II diabetic patients. Feyz. 4 (4):1-10 (In Persian).

Seckin, A. K. and Baladura, E. 2012. Effect of using some dietary fibers on color, texture and sensory properties of strained yogurt. Geographically Isolated and Disadvantaged Areas (GIDA). 37(2): 63-69.

Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. and Perez-Alvarez, J. A. 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. Food Microbiology. 25(1): 13-21.

Smiddy, M. A., Martin, J. E. G. H., Kelly, A. L., De Kruif, C. G. and Huppertz, T. 2006. Stability of casein micelles cross-linked by transglutaminase. Journal of Dairy Science. 89(6): 1906-1914.

Tarakçi, Z. and Kucukoner, E. 2004. Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yogurt. Journal of Food Science and Technology 41(2): 177-181.

Tarakçi, Z. 2010. Influence of Kiwi Marmalade on the Rheology Characteristics, Color Values and Sensorial Acceptability of Fruit Yogurt. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 16(2): 173-178.

Tohidzadeh, M., Zomorodi, Sh., Elhamirad, A. and Khosrowshahi Asl, A. 2014. The effect of carrot fiber on viability of lactobacillus case and quality of fruit yogurt containing apricot using response surface methodology. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 6, 93-122. (In Persian).

Vasiljevic, T. and Shah, N. P. 2008. Probiotics—From metchnik off to bioactives. International Dairy Journal. 18(7): 714– 728.

Zomorodi, SH. 2013. Physicochemical, rheological and sensory properties of stirred fruit yoghurt fortified by wheat fiber. Journal of Food Industry Research, 4, pp. 443-454. (In Persian).

Zomorodi, Sh., Aberoon, N., Khosrowshahi Asl, A. 2015. Increase the survival of Lactobacillus acidophilus and improved quality properties of synbiotic yogurt using apple and wheat fibers. Iranian Journal of Food Science and Technology. 12(48): 203-214. (In Persian).

Food Engineering Research/Vol.20/No.71/Autumn & Winter 2021/P:115-130

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The Effect of Sugar Beet Fiber on the Survival of *Bifidobacterium Bifidum* and Qualitative Properties of Synbiotic Fruit Yogurt Containing Kumquat by Response Surface Methodology

Sh. Zomorod*, R. Heidari and N. Ahadi

* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Engineering Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran. Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir
Received: 22 May 2019, Accepted: 12 February 2020
http://doi: 10.22092/fooder.2020.342390.1264

Abstract

In this study, the effect of sugar beet fiber on the survival of *Bifidobacterium bifidum* and the physicochemical and sensory properties of fruit yogurt containing kamquat during storage at 4±1°C was investigated using the response surface methodology (RSM). The amount of sugar beet fiber was in the range of zero to 3%, and storage time was 1 to 21 days. The results of statistical analysis of the data showed that with increasing the amount of fiber and the storage time, the number of *Bifidobacterium bifidum* increased significantly ($P<0.05$). With increasing the amount of fiber, the moisture, syneresis, and L* and b* indices decreased, and the a* index increased significantly ($P<0.05$). During the storage time, the L* and a* indices increased and decreased significantly, respectively ($P<0.05$). The amount of acidity also increased during the storage period ($P<0.05$). The results of sensory evaluation showed that with increasing the amount of fiber, color and flavor scores decreased significantly, and during storage time, texture scores increased significantly. Finally, the amount of 2.5% sugar beet fiber was determined as optimal conditions for the production of probiotic fruit yogurt containing kumquat during its 21-day storage time.

Keywords: Functional food, Prebiotics, Probiotics, Sensory Properties