



تأثیر پودر آب پنیر فراپالایش و لاکتولوز بر قابلیت زنده‌مانی باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم و ویژگی‌های رنگ پنیر سین-بیوتیک فراپالوده

غزال نصرتی^۱، حسین جوینده^۲، محمد حجتی^۳، محمد نوشاد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۸

کلمات کلیدی:

پری‌بیوتیک،

شاخص‌های رنگ،

آب‌پنیر املاح‌گیری شده،

زمان نگهداری

DOI: 10.22034/FSCT.20.141. 238

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.141.15.3

* مسئول مکاتبات:

hosjooy@asnrukh.ac.ir

در طول چند دهه اخیر، آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد اهمیت دریافت مواد غذایی سلامت‌بخش منجر به تمایل آن‌ها به سمت مصرف مواد غذایی خاص و افزوده‌های غذایی شده است که مزایای سلامت-بخش قابل توجهی به‌همراه خود دارند. این شرایط منجر به توسعه غذاهای فراسودمند شده است. در پژوهش حاضر، تأثیر غلظت‌های مختلف پودر آب‌پنیر فراپالوده املاح‌گیری شده (DUWP) در سطوح صفر، ۱ و ۲ درصد (W/V) و لاکتولوز در سطوح ۰ و ۱ درصد (W/V) بر پنیر سین‌بیوتیک فراپالوده به‌عنوان یک غذای فراسودمند مورد ارزیابی قرار گرفت. قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم، شاخص‌های رنگ و پذیرش کلی محصول طی ۶۰ روز نگهداری در دمای ۴°C بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش پودرهای لاکتولوز و DUWP، تعداد پروبیوتیک‌ها در نمونه‌های پنیر افزایش و با گذشت زمان نگهداری تعداد آن‌ها کاهش معنی‌داری یافت ($p < 0.001$)؛ هرچند در پایان زمان ۶۰ روز نگهداری، تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی پودرهای لاکتولوز و سطوح ۱ و ۲٪ DUWP همچنان بالاتر از محدوده استاندارد غذاهای پروبیوتیک ($\log \text{cfu/g} > 10^7$) قرار داشت. نتایج رنگ‌سنجی نشان داد میزان روشنایی (L^*) تحت تأثیر پودر DUWP و گذشت زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.001$) اما افزودن پودر لاکتولوز و DUWP تأثیری بر شاخص‌های a^* و b^* نداشت. براساس نتایج به‌دست آمده، نمونه پنیر سین‌بیوتیک حاوی ۱٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز از شمارش باکتری‌های پروبیوتیک بالاتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بود؛ درحالی که اختلافی میان دو نمونه مذکور از نظر کیفیت رنگ و پذیرش کلی مشاهده نگردید. بنابراین این نمونه پنیر سین‌بیوتیک فراپالوده به‌عنوان بهترین نمونه فراسودمند مشخص گردید.

۱- مقدمه

امروزه بیش از صدها نوع پنیر در دنیا وجود دارد که هر یک دارای ویژگی‌های عطر و طعمی خاص می‌باشند. یکی از انواع پنیرها، پنیر فراپالوده است. پنیر سفید ایرانی به روش فراپالایش دارای بیشترین سرانه مصرف در ایران است. در سالیان اخیر، استفاده از فرآیند فراپالایش برای تولید پنیر توجه بسیاری را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. این پنیر بلافاصله پس از تولید وارد بازار مصرف می‌شود [۱].

در طول چند دهه اخیر توجه به علم تغذیه (تأثیر رژیم غذایی بر سلامت و تندرستی) به شدت رو به افزایش است. این امر منجر به طراحی غذاهای جدید و سالم‌تری شده است که خطر ابتلا به چندین بیماری مزمن را کاهش می‌دهد. غذاهایی که به این ترتیب طراحی شده‌اند، غذاهای عملگرا^۱ یا فراسودمند نامیده می‌شوند. از نمونه‌های غذاهای کاربردی می‌توان به غذاهای حاوی مواد فعال بیولوژیکی یا ترکیبات فیتوشیمیایی (ویتامین‌ها، پلی‌فنل‌ها، اسیدهای چرب، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ...)، فیبرهای رژیمی، و غذاهای حاوی پروبیوتیک‌ها اشاره کرد. در صورت استفاده از ترکیبات پری‌بیوتیکی همراه با پروبیوتیک‌ها، اصطلاح "سین‌بیوتیک" به کار برده می‌شود و این تلفیق به بهبود زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در فرآورده و گسترش مزایای سلامتی‌بخش در میزبان کمک می‌کند. محصولات سین‌بیوتیک نیز در طبقه‌ی غذاهای کاربردی قرار می‌گیرند [۲].

یکی از ویژگی‌های مطلوب فرآورده‌های سین‌بیوتیک، بهبود بقای باکتری‌های پروبیوتیک در شرایط ساخت و نگهداری و همچنین در حین عبور از دستگاه گوارش است. قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در غذاها اغلب توسط شرایط نامساعد محیط در ماتریس‌های غذایی مانند pH اسیدی و وجود ترکیباتی مانند H_2O_2 محدود می‌شود. در مقابل، وجود

ترکیبات پری‌بیوتیکی بر بقای آن‌ها تأثیری مثبت می‌گذارد و بنابراین، طیف گسترده‌ای از پری‌بیوتیک‌ها به عنوان محافظ پروبیوتیک در غذاهای بر پایه‌ی شیر و سایر مواد غذایی معرفی شده‌اند [۳].

سویه‌های میکروبی به منظور زنده‌مانی باید توانایی مقاومت در برابر نمک‌های صفراوی موجود در روده کوچک، شرایط معده، آنزیم‌های موجود در روده کوچک و متابولیت‌های سمی تولید شده در طی فرایند هضم را داشته باشند. شرط لازم برای بروز اثرات درمانی باکتری‌های پروبیوتیک، مقاومت و زنده‌مانی آن‌ها می‌باشد [۴]. از جمله سویه‌های باکتریایی پروبیوتیک دارای اثرات فراسودمند که می‌توان در فرآورده‌های تخمیری استفاده کرد سویه‌ی بیفیدوباکتریوم است [۵].

بیفیدوباکتریوم یک باکتری بی‌هوازی تولیدکننده اسیدلاکتیک است. باکتری‌های بیفیدوباکتر، باکتری‌هایی غیرمتحرک، غیراسپورزا، گرم مثبت و غیر هوازی هستند که بخش بزرگی از میکروفلور روده انسان و دیگر جانوران تشکیل می‌دهند. این باکتری‌ها در محدود کردن تشکیل کلنی‌های آگزوژن و پاتوژن نقش بسیار مهم و مؤثری دارند. حضور این باکتری‌ها در روده انسان اثرات سلامتی‌بخشی دارند. باکتری‌های پروبیوتیک با فعالیت زیستی خود باعث حفظ تعادل و بهبود جمعیت میکروفلور روده‌ای می‌شوند [۶].

لاکتولوز علاوه بر دارا بودن خواص پری‌بیوتیکی، به عنوان یک داروی مؤثر در درمان یا جلوگیری از بروز بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌شود [۷]. علاوه بر این، لاکتولوز در جذب کلسیم به خوبی عمل می‌کند و مکانیسم‌های مطلوبی را در تنظیم سیستم ایمنی و همچنین اثرات مفید بر متابولیسم لیپیدها و کاهش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی ایجاد می‌کند. لاکتولوز از ایزومریزاسیون لاکتوز با

1-Functional food

روش‌های شیمیایی و آنزیمی تولید می‌شود. تعداد زیادی کاتالیزور مانند عوامل فلزایی، معرف‌های مختلط و آنزیم‌ها برای ایزومریزاسیون لاکتوز به لاکتولوز استفاده می‌شوند [۸].

شیر تنها غذای مناسب برای تکامل پستانداران است. شیر منبع مناسبی برای تأمین انرژی مورد نیاز انسان می‌باشد زیرا منبع کربوهیدرات (لاکتوز)، منبع نیتروژن (پروتئین‌ها) و منبع غنی از کلسیم مناسب برای استخوان‌ها می‌باشد. همچنین شیر فواید دیگری نیز دارد، به عنوان مثال بسیاری از فعالیت‌های بیولوژیکی شیر مرتبط با اجزای موجود در شیر است که این اجزای فعال بیولوژیکی عمدتاً در سرم شیر یا آب پنیر موجود است [۹]. آب پنیر یک محصول جانبی از تولید پنیر است. این مایع زرد رنگ حاوی لاکتوز فراوان و ترکیبات معدنی نظیر کلسیم و فسفر است. با توجه به ارزش بیولوژیکی بالای پروتئین‌های آب پنیر نسبت به پروتئین کازئین و تخم مرغ، استفاده از آن به عنوان یک ماده مغذی حائز اهمیت گردیده است [۱۰]. امروزه محصولات پروتئینی آب پنیر به دلیل دارا بودن مواد مغذی عالی با ویژگی‌های عملکردی منحصر به فرد و ارزش تغذیه‌ای بالا به عنوان جزیی ارزشمند در تولید محصولات غذایی استفاده می‌شوند [۱۱ و ۱۲]. از آب پنیر فرآورده‌هایی نظیر محصولات پروتئینی، مشتقات پروتئین‌های سرم (لاکتوپراسیداز، لاکتوفرین)، کنسانتره‌های پیتیدی و املاحی نظیر نمک‌های کلسیم به دست می‌آید. لازم به ذکر است آب-پنیر یکی از منابع آلودگی ارگانیک است و استفاده و یا دفع آب پنیر دغدغه‌ی اصلی متخصصان صنعت لبنیات در سراسر جهان بوده است، زیرا آب پنیر یک آلاینده مهم زیست محیطی است. از طرف دیگر، این ماده حاوی اجزای ارزشمندی است که نباید هدر بروند و ترکیبات آلی آن مانند پروتئین، لاکتوز و چربی می‌توانند توسط فرآیندهای بیوتکنولوژیکی مختلف بازیافت شده و به عنوان یک جزء

غذایی مجدداً مورد استفاده قرار گیرند. امروزه حجم قابل توجهی پساب یا آب پنیر حاصل از فرایند فرآپالایش (پرمیت) در هنگام تهیه پنیر ایجاد می‌شود که در مقایسه با آب پنیر معمول حاوی ترکیبات کاملاً متفاوت است. در مقایسه با پودر تهیه شده از آب پنیر شیرین، محصول تهیه شده از آب پنیر پرمیت از کیفیت نسبتاً پایین‌تری برخوردار است؛ پودر تهیه شده از پرمیت حاوی لاکتوز و املاح بیشتر و دارای مقادیر کمتر پروتئین‌های آب پنیر می‌باشد. بنابراین، جهت افزایش قابلیت استفاده از پودر پرمیت در فرمولاسیون محصولات غذایی، میزان املاح آن را کاهش داده و به این ترتیب محصولی به نام پودر آب پنیر فرآپالایش با املاح کاهش یافته (^۱DUWP) تولید و به بازار عرضه می‌شود [۱۳]. از این رو پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر افزودن پودرهای لاکتولوز و پودر DUWP به عنوان ترکیبات پری‌بیوتیک بر قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک و همچنین بررسی ویژگی رنگ و پذیرش کلی پنیر فرآپالوده سین‌بیوتیک انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

جهت تولید نمونه‌های پنیر فرآپالایش، از شیر با کیفیت بالا گاو موجود در کارخانه پگاه خوزستان استفاده گردید. لاکتولوز از شرکت سیگما (آمریکا) و پودر پرمیت یا پساب فرآپالایش شیر با املاح کاهش یافته (DUWP) مورد استفاده در این پژوهش از شرکت صنایع غذایی بالتیک (روسیه) خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. ترکیبات پودر DUWP شامل ۳/۳ درصد رطوبت، ۳/۸ درصد پروتئین، ۸۸/۵ درصد لاکتوز، ۳/۵ درصد خاکستر و ۰/۹ چربی بود. رنت استاندارد با نام تجاری Chey-Max از شرکت کریستین هانسن دانمارک و پودرهای استارتر مزوفیل

1 -Demineralized whey powder

CHOOZIT 230 (حاوی مخلوط باکتری‌های لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس) و استارتر ترموفیل Yo-Mix 532 (حاوی استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس) از شرکت دانیسکوی آلمان خریداری گردید. پودر استارتر پروبیوتیک حاوی باکتری بیفیدوباکتریوم زیرگونه بیفیدیوم مورد استفاده در این پژوهش از شرکت کریستین هانسن^۱ دانمارک خریداری گردید. پودرهای مذکور از نوع DVS بوده و تا زمان استفاده در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از کیفیت بالا برخوردار بودند و غالباً از شرکت مرک آلمان خریداری و استفاده گردیدند.

۲-۲- روش تولید پنیر

پنیر فرآپالوده در کارخانه شیر پگاه شوش خوزستان از شیر تازه کامل (۳/۳٪ چربی) و با کیفیت فیزیکی شیمیایی و میکروبی مناسب مطابق روش‌های [۱۴] و [۱۵] تولید گردید. شیر خام دریافتی طی دو مرحله باکتوفوگاسیون گردید و سپس تحت فرایند پاستوریزاسیون و فرآپالایش قرار گرفت. شیر پس از عبور از غشای فرآپالایش، به دو بخش پرمیت^۲ یا بخش عبوری (آب پنیر) و ریتنتیت^۳ یا ناتراوه (حاوی ۳۱ درصد ماده جامد و حدود ۱۶ درصد چربی) تقسیم شد. عملیات هموژنیزاسیون پس از افزودن پودر DUWP (سطوح صفر، ۱ و ۲ درصد، W/V) و لاکتولوز (سطوح صفر و ۱ درصد، W/V) به ناتراوه، در فشار ۷۰ بار توسط دستگاه هموژنایزر مدل JHG-Q60-P60 (Ronghe machinery، چین) انجام پذیرفت و پس از آن توسط پاستوریزاتور صفحه‌ای در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزاسیون گردید. لازم به ذکر است

که سطوح مقادیر پودرهای DUWP و لاکتولوز در این پژوهش پس از آزمون‌های مقدماتی تعیین گردید. در ادامه، ناتراوه به پاستوریزاتور صفحه‌ای رفته و تا دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ثانیه پاستوریزه گردید. پس از آن، پودر استارتر مزوفیل و ترموفیل هرکدام به میزان ۰/۰۲۵ درصد و پودر استارتر پروبیوتیک به میزان ۰/۰۵ درصد به همراه رنت به میزان ۰/۰۳ درصد به ناتراوه افزوده شد. پس از قرار گرفتن ناتراوه در ظروف پنیر ۴۰۰ گرمی، بسته‌ها به مدت ۲۵ دقیقه جهت انعقاد لخته وارد تونل انعقاد با دمای ۳۰-۳۱ درجه سانتی‌گراد گردند و پس از خروج از تونل و انعقاد پنیر، کاغذ پارچمنت روی سطح پنیر قرار گرفت. در پایان قبل از درب‌بندی بسته‌ها با فویل آلومینیومی مقدار ۲ درصد نمک (وزنی/ وزنی) به داخل ظروف حاوی پنیر افزوده شد. در نهایت بسته‌های پنیر در دمای ۲۷-۲۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و پس از ۲۴-۱۸ ساعت و رسیدن pH نمونه‌ها به ۴/۸، نمونه‌ها به سردخانه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. در این پژوهش، نمونه‌های پنیر سفید ایرانی فرآپالوده پروبیوتیک (فاقد پودر لاکتولوز و DUWP) به عنوان نمونه شاهد با نمونه‌های پنیر سین-بیوتیک (حاوی مقادیر مختلف پودر لاکتولوز و DUWP) در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ از نظر قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و همچنین ویژگی‌های رنگی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲-۳- آزمون رنگ‌سنجی

رنگ نمونه‌های پنیر با استفاده از رنگ‌سنج، Minolta CR300 series, Minolta Gamera Co انجام گرفت که در آن a^* (a value)، b^* (b value) و L^* (L value) به ترتیب نشان‌دهنده قرمزی، زردی و سفیدی می‌باشند [۱۶].

1 -Chr. Hansen
2 -permeate
3 -retentate

۴-۲- آزمون‌های میکروبی

به منظور ارزیابی بقای باکتری‌های اسید لاکتیک^۱ (LAB) و باکتری‌های پروبیوتیک، ۲۵ گرم پنیر از هر نمونه با ۲۰۰ میلی لیتر آب پپتون (Acumedia Manufacturers, USA) مخلوط و به‌خوبی هم‌وزن گردید و سپس با آب پپتون به حجم ۲۵۰ سی‌سی رسانده شد. به این ترتیب رقت ۰/۱ تهیه گردید. سپس رقت‌های لازم در لوله‌های آزمایش حاوی آب پپتون تهیه گردید. برای کشت باکتری‌های LAB از MRS agar (مرک، آلمان) و باکتری‌های پروبیوتیک (Bifidobacterium bifidum) از MRS agar حاوی ۰/۱۵ نمک‌های صغراوی (مرک، آلمان) استفاده شد. برای کشت از روش پورپلیت استفاده شد و پلیت‌ها برای باکتری‌های LAB و پروبیوتیک در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب به مدت ۴۸ و ۷۲ ساعت تحت شرایط بی‌هوازی انکوبه گذاری گردیدند [۱۷].

۵-۲- ارزیابی پذیرش کلی

قابلیت پذیرش نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک فراپالوده توسط ۲۰ نفر از دانشجویان و اساتید صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. این ارزیابی براساس یک آزمون ترجیحی ۹ نقطه‌ای انجام پذیرفت. قبل از ارزیابی، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه از یخچال خارج و در دمای محیط ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) نگهداری شدند تا بدین روش دمای تمامی نمونه‌ها در حین ارزیابی یکسان شود و تأثیری بر نتایج پذیرش کلی نگذارد. نمونه‌های پنیر پس از رسیدن (۴۸ ساعت بعد از تولید) در روز-های اول، ۳۰ و ۶۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۸].

۶-۲- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، با توجه به دو متغیر لاکتولوز (در دو سطح) و پودر DUWP (در ۳ سطح)، تعداد ۶ تیمار پنیر تولید شد و نمونه‌های پنیر از نظر ویژگی‌های میکروبی، رنگ و پذیرش کلی طی دو ماه نگهداری (در فواصل ۱، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تولید) با یکدیگر مقایسه گردید. با توجه به تولید نمونه‌های پنیر در ۳ تکرار، مجموعاً ۵۴ نمونه تولید شد. نتایج توسط طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با کمک برنامه آماری SPSS (SPSS Inc.)، شیکاگو، ویرایش ۲۰) آنالیز و میانگین نتایج با کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شمارش باکتری‌های پروبیوتیک و LAB

قابلیت زیستی و بقای پروبیوتیک‌ها از جمله فاکتورهای مهم در ارزیابی فرآورده‌های پروبیوتیک می‌باشد. زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در محصولات غذایی تا هنگام مصرف به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور تعیین‌کننده در فرآورده‌های پروبیوتیک می‌باشد. تلقیح مؤثر باکتری‌های پروبیوتیک به داخل پنیر مستلزم این می‌باشد که این پروبیوتیک‌ها زنده بمانند، همچنین بقای خود را در طی فرآوری بدون تأثیر نامطلوب بر خواص حسی محصول پروبیوتیکی حفظ نمایند [۱۹]. محصولات مبتنی بر شیر محیط مساعدی برای رشد پروبیوتیک‌ها هستند. در استاندارد محصولات پروبیوتیکی ذکر شده‌است سطح قابل قبول پروبیوتیک در محصولات لبنی باید حداقل 10^7 cfu/gr باشد که دارای خاصیت درمانی باشند [۲۰].

نتایج تأثیر افزودن پودر آب‌پنیر شیرین با املاح کاهش یافته و لاکتولوز بر ویژگی میکروبی نمونه‌های مختلف پنیر سین‌بیوتیک فراپالوده طی مدت ۶۰ روزه نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج

1 -Lactic acid bacteria

و همکاران [۲۲] در طول مدت نگهداری کاهش LAB پنیر را به رطوبت کم، محتوای نمک زیاد و دمای نگهداری پایین محصول نسبت دادند. افزایش تعداد باکتری‌های LAB در نتیجه افزودن لاکتولوز در ماست همزده سین-بیوتیک [۲۳] و افزودن ترکیبات آب پنیر املاح‌گیری شده و اینولین در پنیر فراپالوده [۱۵] قبلاً گزارش شده است. در هر حال برخلاف این نتایج، اوزر و همکاران [۲۴] گزارش کردند که افزودن لاکتولوز و اینولین به ماست بیفیدوس تأثیری بر تعداد باکتری‌های LAB ندارد. یافته‌ها نشان داد که تأثیر متقابل لاکتولوز-مدت زمان نگهداری و همچنین پودر پریمیت-مدت زمان نگهداری نیز معنی‌دار بود.

بیانگر تأثیر معنی‌داری هر سه متغیر پودر پریمیت، پودر لاکتولوز و مدت زمان نگهداری بر تعداد باکتری‌های LAB مورد بررسی بود ($P < 0.001$). همان‌گونه که در جدول ۲ می‌توان مشاهده نمود، با افزایش سطوح پودر DUWP و لاکتولوز، تعداد باکتری‌های LAB افزایش معنی‌داری یافت. تعداد باکتری‌های LAB در نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۸/۴۳، ۸/۵۹ و ۸/۷۸ Log cfu/g تعیین گردید. میزان باکتری‌های LAB نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز نیز به ترتیب ۸/۴۷ و ۸/۷۴ Log cfu/g تعیین شد. همچنین نتایج شمارش LAB نشان داد فعالیت LAB در ۳۰ روز نخست به‌طور معنی‌داری افزایش و پس از آن تا پایان زمان نگهداری غالباً کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). مطالعات نشان داده‌است که به دلیل ادامه فعالیت باکتری‌های LAB و تولید سطوح بالاتر اسیدیته در پایان ذخیره‌سازی، کاهش قابل توجهی در میزان فعالیت LAB مشاهده می‌شود [۲۱]. از سوی دیگر ایسلام

Table 1. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on Microbial characteristics of probiotic ultrafiltrated cheeses during 60 days storage at 4 °C

Treatments	df	Mean Square	
		LAB	Probiotic bacteria
DUWP	2	0.548***	0.675***
Lactulose	1	0.984***	1.242***
Storage Time	2	0.711***	7.613***
DUWP × Lactulose	2	0.007 ^{NS}	0.039 ^{NS}
DUWP × Storage Time	4	0.069***	0.035 ^{NS}
Lactulose × Storage Time	2	0.169***	0.144*
DUWP × Lactulose × Storage Time	4	0.003 ^{NS}	0.014 ^{NS}
error	36	0.208	1.272

NS, *, ** and *** respectively indicate: non-significance, and significance at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, $p < 0.001$ levels.

Table 2. Microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated cheeses containing demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose during 60 days storage at 4 °C

Bacterial Count (Log cfu/g)	Storage Time (Day)	*P ₀ L ₀ (Control)	P ₁ L ₀	P ₂ L ₀	P ₀ L ₁	P ₁ L ₁	P ₂ L ₁
LAB	1	8.32±0.09 ^{Ba}	8.38±0.09 ^{Ba}	8.43±0.07 ^{Ba}	8.37±0.08 ^{Ba}	8.43±0.07 ^{Ba}	8.47±0.07 ^{Ca}
	30	8.78±0.15 ^{Ae}	8.97±0.10 ^{Ad}	9.24±0.04 ^{Abc}	9.12±0.07 ^{Ac}	9.32±0.01 ^{Ab}	9.67±0.02 ^{Ac}
	60	7.85±0.09 ^{Ce}	8.03±0.09 ^{Cd}	8.20±0.02 ^{Cc}	8.17±0.09 ^{Cc}	8.40±0.04 ^{Bb}	8.68±0.06 ^{Ba}
Probiotic bacteria	1	8.07±0.23 ^{Ab}	8.17±0.04 ^{Aab}	8.30±0.14 ^{Aab}	8.19±0.07 ^{Aab}	8.28±0.13 ^{Aab}	8.40±0.31 ^{Aa}
	30	7.81±0.23 ^{Ab}	7.95±0.21 ^{Ab}	8.08±0.11 ^{Ab}	8.02±0.21 ^{Ab}	8.23±0.26 ^{Aab}	8.58±0.29 ^{Aa}
	60	6.65±0.24 ^{Bd}	6.79±0.21 ^{Bcd}	7.02±0.13 ^{Bbc}	6.95±0.16 ^{Bcd}	7.28±0.09 ^{Bb}	7.63±0.16 ^{Ba}

P0, P1 and P2 are 0, 1 and 2% levels of whey permeate and L0 and L1 are 0 and 1% lactulose, respectively. Different small and capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

تعداد باکتری‌های پروبیوتیک بالاتر از حد استاندارد (10^7) بودند. در انتهای زمان نگهداری میزان باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک تولیدی حاوی ۱٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز Log cfu/g (تیمار ۵) و ۷/۲۸ و نمونه حاوی ۲٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز (تیمار ۶) Log cfu/g ۷/۶۳ تعیین شد.

افزایش تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نتیجه‌ی افزایش پودر آب‌پنیر یا لاکتولوز پیشتر در پنیر سین‌بیوتیک [۱۵]، ماست سین‌بیوتیک [۲۳] و شیرهای تخمیری [۲۵] گزارش شده است. همچنین در تأیید یافته‌های این پژوهش بسیاری از محققین نظیر کاردارلیا و همکاران [۲۶]، اوزر و همکاران [۲۸] به افزایش بوداک و همکاران [۲۷]، اوزر و همکاران [۲۸] به افزایش فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک در حضور غلظت‌های مختلف ترکیبات پری‌بیوتیکی اشاره نموده‌اند.

کاردارلیا و همکاران [۲۶] در تطابق با یافته‌های این پژوهش تأثیر مخلوط اینولین، الیگوفروکتوز و عسل را بر رشد پروبیوتیک‌هایی نظیر لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و بیفیدوباکتریوم لاکتیس در پنیر سوئیسی بررسی نمودند. در مطالعات این محققین دلیل افزایش رشد پروبیوتیک‌ها حاکی از تبدیل لاکتات به پروپیونات، استات و بوتیرات توسط

همان‌گونه که در جداول ۱ و ۲ می‌توان ملاحظه نمود افزایش غلظت پودر پریمیت و لاکتولوز همانند تعداد باکتری‌های LAB سبب افزایش قابل توجه زنده‌مانی باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در نمونه‌های تولیدی گردید ($P < 0.001$). این در حالی بود که تعداد باکتری‌های پروبیوتیک نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری کاهش معنی‌داری یافت. یافته‌ها همچنین نشان داد که به غیر از تأثیر متقابل لاکتولوز-مدت زمان نگهداری، اثر متقابل معنی-داری میان سایر متغیرهای آزمایش وجود نداشت ($P < 0.05$).

تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۷/۶۱، ۷/۷۸ و Log cfu/g ۸/۲۰ تعیین گردید. میزان باکتری‌های پروبیوتیک نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز نیز به ترتیب ۷/۶۵ و ۷/۹۵ تعیین شد. همانطور در جدول ۲ می-توان ملاحظه نمود، هر چند در ابتدای زمان نگهداری تعداد باکتری‌های بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در تمامی تیمارها بیش از 10^8 Log cfu/g تعیین شد، اما در انتهای زمان نگهداری، فقط دو تیمار ۵ (حاوی ۱٪ از پودرهای DUWP و لاکتولوز) و ۶ (حاوی ۲٪ DUWP و ۱٪ لاکتولوز) حاوی

نتایج نشان داد که پودر DUWP سبب تغییرات معنی‌داری در شاخص L^* نمونه‌ها شد ($p < 0/001$)، اما این متغیر تأثیری بر شاخص‌های a^* و b^* نداشت ($p > 0/05$). همچنین افزودن لاکتولوز بر هیچکدام از شاخص‌های رنگ پنیر تأثیر معنی‌داری نداشت ($p > 0/05$). در هر حال، همان‌گونه که در جداول ۳ و ۴ قابل مشاهده است، تمامی شاخص‌های رنگ تحت تأثیر زمان نگهداری قرار گرفتند. به‌طور میانگین شاخص روشنایی نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۸۸/۵۳، ۸۸/۰۲ و ۸۷/۱۷ تعیین گردید. میزان روشنایی نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز نیز به ترتیب ۸۸/۰۰ و ۸۷/۷۸ تعیین گردید. هرچند اختلاف معنی‌داری از نظر میزان روشنایی در ابتدا و اواسط دوره نگهداری میان نمونه‌های پنیر تولید شده مشاهده گردید، اما در پایان ۶۰ روز نگهداری اختلافی از این نظر مشاهده نشد ($p > 0/05$) که دلیل آن تأثیر قابل توجه گذشت زمان نگهداری بر کاهش روشنایی نمونه‌های پنیر به‌خصوص نمونه شاهد بود.

اگرچه با افزایش درصد پودر DUWP مقادیر شاخص‌های a^* و b^* به ترتیب کاهش و افزایش می‌یافت، اما این تغییرات معنی‌دار نبود. در هر حال، همان‌طور که در جدول ۴ می‌توان مشاهده نمود، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص a^* در پایان ۶۰ روز نگهداری مشاهده شد. شاخص a^* نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۲/۵۰، ۲/۵۵ و ۲/۶۳ و میزان شاخص a^* نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به ترتیب ۲/۵۵ و ۲/۵۶ تعیین گردید. به‌طور میانگین شاخص b^* در اثر افزودن ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به نمونه‌ها به ترتیب ۹/۵۳، ۹/۶۶ و ۹/۹۲ تعیین گردید و میانگین شاخص b^* در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به ترتیب ۹/۶۶ و ۹/۷۴ تعیین گردید.

رستم‌آبادی و همکاران [۱] در تأیید نتایج این تحقیق عنوان کردند افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش

پروبیوتیک‌ها عنوان شد. به هر حال هنگامی‌که کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم مانند الیگوساکاریدها (فروکتو الیگو ساکارید) در دسترس پروبیوتیک‌ها قرار گیرند سبب تجمع لاکتات‌ها و به دنبال آن تولید بوتیرات و افزایش رشد پروبیوتیک‌ها می‌گردد و این بستگی به جنس پروبیوتیک‌ها دارد. بویلستون و همکاران [۱۹] نیز تفاوت در میزان زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک را به نوع تیمار به کار رفته، میزان متابولیسم شدن ترکیبات و میزان کاهش pH ناشی از مصرف ترکیبات پری‌بیوتیک نسبت دادند. زامورا-وگا و همکاران [۲۹] نیز در پژوهشی کاهش تعداد باکتری‌های پروبیوتیک طی مدت زمان ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴°C را گزارش کردند. این محققین گزارش کردند تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی اینولین به عنوان ترکیب پری‌بیوتیکی بیشتر از نمونه کنترل بود؛ ضمن آن که با ریزپوشانی باکتری‌های پروبیوتیک ساکارومایسس بولاردی^۱ همراه با ترکیبات موسیلاژ کاکتوس، آلژینات سدیم و اینولین، قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها افزایش یافت.

۳-۲- ارزیابی رنگ پنیر در طی نگهداری

یکنواختی مولکولی و نوع ریزساختار می‌توانند میزان روشنایی ماده‌ی غذایی را تحت تأثیر قرار دهند. در موادی نظیر پنیر، نور از لایه‌های سطحی عبور و پراکنده می‌گردد. میزان تخلخل بافت شبکه کازئینی و گلبول‌های چربی شیر بر میزان پراکنش نور تأثیرگذار است. در شیر و فرآورده‌های لبنی میزان پراکنش نور تا حد زیادی به چگونگی تجمع میسل‌های کازئینی و ذرات کلوئیدی شیر به‌ویژه فسفات کلسیم کلوئیدی و تا حدودی گلبول‌های چربی وابسته است. یافته‌های آنالیز آماری حاصل از غلظت‌های مختلف پودر DUWP و لاکتولوز بر شاخص‌های رنگی پنیر سفید ایرانی فراپالوده در جدول ۳ قابل مشاهده است.

1-Saccharomyces boulardi

علاوه بر این دانش و همکاران [۳۱] در پژوهشی دیگر تأثیر تلفیق آنزیم ترانس گلو تامیناز و پروتئین های آب پنیر بر پنیر فراپالوده ی ایرانی را مورد بررسی قرار دادند. این محققین نیز علت بالاتر بودن میزان روشنایی نمونه ها در پنیر فراپالوده را عواملی نظیر افزایش تعداد حفره های سرمی و ایجاد بافت متخلخل در نمونه های پنیر عنوان کردند.

قطرات آب آزاد، بازتاب نور و میزان سفیدی نمونه ها را در طی دوره ی رسیدگی تحت تأثیر قرار می دهند و در نتیجه میزان روشنایی نمونه ها را کاهش می دهند. دانش و همکاران [۳۰] برخلاف نتایج حاضر بیان داشتند که به کارگیری پروتئین های آب پنیر در فرمولاسیون پنیر سفید سنتی ایرانی، سبب متخلخل تر شدن بافت پنیر گردیده و به دلیل ایجاد منافذ بیشتر، ریز ساختار پنیر شبیه به ساختار کندوی عسل می گردد؛ شرایطی که مسلماً منجر به افزایش شکست نور و افزایش روشنایی نمونه ها می گردد. در هر حال، علت عدم تأثیر پودر DUWP بر روشنایی پنیر در این تحقیق، احتمالاً میزان پایین پروتئین های آب پنیر در پودر DUWP می باشد.

Table 3. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on color characteristics of probiotic ultrafiltrated cheeses during 60 days storage at 4 °C

Treatments	df	Mean Square		
		L*	a*	b*
DUWP	2	8.553 ^{***}	0.0089 ^{NS}	0.722 ^{NS}
Lactulose	1	0.900 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.081 ^{NS}
Storage Time	2	23.793 ^{***}	0.728 ^{***}	1.656 [*]
DUWP × Lactulose	2	0.362 ^{NS}	0.022 ^{NS}	0.001 ^{NS}
DUWP × Storage Time	4	0.185 ^{NS}	0.117 ^{NS}	0.004 ^{NS}
Lactulose × Storage Time	2	0.111 ^{NS}	0.076 ^{NS}	0.32 ^{NS}
DUWP × Lactulose × Storage Time	4	0.073 ^{NS}	0.013 ^{NS}	0.002 ^{NS}
error	36	0.850	0.053	0.437

NS, *, ** and *** respectively indicate: non-significance, and significance at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, $p < 0.001$ levels.

Table 4. Color characteristics of synbiotic ultrafiltrated cheeses containing demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose during 60 days storage at 4 °C

Color Values	Storage Time (Day)	*P ₀ L ₀ (Control)	P ₁ L ₀	P ₂ L ₀	P ₀ L ₁	P ₁ L ₁	P ₂ L ₁
L*	1	89.71±0.37 ^{Aab}	89.40±0.54 ^{Aab}	88.87±0.46 ^{Abc}	89.88±0.34 ^{Aa}	88.96±0.65 ^{Abc}	88.30±0.28 ^{Ac}
	30	88.35±0.89 ^{ABa}	87.89±0.85 ^{ABab}	87.03±0.84 ^{ABab}	88.39±0.76 ^{Ba}	87.34±1.13 ^{Aab}	86.42±0.94 ^{Bb}
	60	87.45±0.98 ^{Ba}	87.20±1.29 ^{Ba}	86.35±1.52 ^{Ba}	87.41±0.82 ^{Ba}	87.26±1.39 ^{Aa}	86.06±1.25 ^{Ba}
a*	1	-2.67±0.13 ^{Aa}	-2.72±0.17 ^{Aa}	-2.73±0.39 ^{Aa}	-3.03±0.10 ^{Aa}	-2.82±0.16 ^{Aa}	-2.76±0.25 ^{Aa}
	30	-2.39±0.11 ^{Bb}	-2.50±0.41 ^{Aa}	-2.53±0.36 ^{Aa}	-2.41±0.25 ^{Ba}	-2.48±0.40 ^{Aa}	-2.46±0.22 ^{Aa}
	60	-2.27±0.07 ^{Bab}	-2.44±0.10 ^{Abc}	-2.69±0.08 ^{Ad}	-2.18±0.13 ^{Ba}	-2.33±0.16 ^{Ab}	-2.62±0.09 ^{Ac}

	1	9.15±0.43 ^{Aa}	9.31±0.48 ^{Aa}	9.61±0.37 ^{Aa}	9.20±0.14 ^{Aa}	9.35±0.59 ^{Aa}	9.60±0.38 ^{Aa}
b*	30	9.53±0.67 ^{Aa}	9.68±0.83 ^{Aa}	9.91±1.01 ^{Aa}	9.68±0.56 ^{Aa}	9.87±0.62 ^{Aa}	10.10±0.77 ^{Aa}
	60	9.78±0.43 ^{Aa}	9.89±0.48 ^{Aa}	10.16±0.37 ^{Aa}	9.85±0.14 ^{Aa}	9.90±0.59 ^{Aa}	9.60±0.38 ^{Aa}

P0, P1 and P2 are 0, 1 and 2% levels of whey permeate and L0 and L1 are 0 and 1% lactulose, respectively. Different small and capital letters indicate significant differences ($p<0.05$) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

داد با افزایش میزان پودر DUWP و پودر لاکتولوز، میزان پذیرش کلی کاهش می‌یافت. این نتایج با توجه به تأثیر منفی که پودر لاکتولوز و پودر DUWP بر بافت و عطر و طعم نمونه‌ها داشت قابل توجیه می‌باشد. به‌طور میانگین پذیرش کلی نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۸/۴۳، ۸/۳۴ و ۸/۰۸ تعیین گردید ($P<0.001$). در هر حال اختلاف معنی‌داری میان نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱٪ پودر DUWP مشاهده نگردید. همچنین میزان پذیرش کلی نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز نیز به ترتیب ۸/۳۴ و ۸/۲۳ تعیین گردید

($P<0.05$). همان‌طور که در شکل ۱ می‌توان مشاهده نمود، هرچند با افزایش مقدار پودرهای DUWP و لاکتولوز میزان امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک فراپالوده کاهش می‌یافت، اما اختلاف معنی‌داری میان نمونه شاهد (امتیاز ۸/۴۷) با نمونه حاوی ۱٪ هر یک از پودرهای DUWP و لاکتولوز (امتیاز ۸/۲۸) وجود نداشت. جیرسارای و همکاران [۳۶] در نتایجی مشابه با نتایج این تحقیق (یکسان بودن پذیرش کلی محصول حاوی ۱٪ پودرهای DUWP و لاکتولوز) نشان دادند که اختلاف معنی‌داری میان نمونه پنیرشاهد فتای فراپالایش پروبیوتیک با نمونه حاوی ۲٪ مخلوط اینولین و لاکتولوز تا اواسط زمان نگهداری وجود نداشت، هرچند نمونه شاهد در پایان مدت ۶۰ روز نگهداری برخلاف نتایج تحقیق حاضر از امتیاز پذیرش کلی کمتری برخوردار بود. بن موسی و همکاران [۳۷] نیز در بررسی تأثیر لاکتولوز بر نمونه‌های ماست بهبود قابلیت پذیرش کلی محصول در هنگام استفاده از لاکتولوز را گزارش کردند. این محققین دلیل این امر را به مقبولیت

جوان و همکاران [۳۲] کاهش میزان چربی را سبب کاهش میزان روشنایی نمونه‌های پنیر مطرح کردند. این نتایج را رودان و همکاران [۳۳] نیز تایید کردند. این در حالی است که ترابی و همکاران [۳۴] در بررسی پنیر سین-بیوتیک فراپالوده حاوی پودر DUWP و اینولین نشان دادند میزان روشنایی نمونه‌ی بهینه در انتهای دوره‌ی نگهداری از سایر نمونه‌های تولید شده بالاتر است، این محققین دلیل افزایش میزان روشنایی را تخلخل بافت دانستند.

۳-۳- ارزیابی پذیرش کلی

ویژگی‌های حسی نمونه‌ها نقش بسزایی در قابلیت پذیرش پنیر توسط مصرف‌کنندگان دارد. دو فرایند لیپولیز و پروتئولیز نقش اساسی در ویژگی‌های حسی دارد. لازم به ذکر است که تغییرات ثانویه که به‌طور همزمان با این فرآیندها اتفاق می‌افتد مسئول تغییرات جزئی و کلی ویژگی‌های حسی پنیر می‌باشند. سوبسترای اصلی این فرایند کازئین‌ها، لیپیدها و ترکیبات محلول در شیر می‌باشد. همچنین با گذشت زمان نگهداری، به دلیل فعالیت میکروبی و فعل و انفعالات آنزیمی، ویژگی‌های دلمه در اثر واکنش-های بیوشیمیایی تغییر کرده و به همین سبب ویژگی‌های جدید در عطر، طعم و بافت نمونه‌ها ایجاد می‌گردد [۳۵].

نتایج آنالیز آماری تأثیر سه متغیر پودر DUWP، پودر لاکتولوز و مدت زمان نگهداری بر پذیرش کلی نمونه‌های پنیر در شکل ۱ نشان داده شده است. آنالیز واریانس نتایج بررسی پذیرش کلی بیانگر معنی‌داری تأثیر مستقل پودر DUWP و پودر لاکتولوز بود. داده‌های به‌دست آمده نشان

پنیر فراپالایش می‌تواند سبب تولید فرآورده‌ای با ویژگی‌های مطلوب گردد. شایان ذکر است اگرچه عواملی نظیر نوع تیمار، میزان متابولیزه‌شدن ترکیبات و میزان کاهش pH ناشی از مصرف ترکیبات پری‌بیوتیک توسط پروبیوتیک‌ها سبب کاهش تعداد باکتری‌های پروبیوتیک می‌گردد، اما نتایج این تحقیق نشان داد که تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک حاوی سطوح بالای لاکتولوز و DUWP پس از دو ماه نگهداری در یخچال بیش از حد استاندارد (10^7 Log cfu/g) بود. در پایان ۶۰ روز نگهداری، میزان باکتری بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک حاوی ۱٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز $7/28$ Log cfu/g و در نمونه حاوی ۲٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز $7/63$ Log cfu/g بود. در مورد شاخص رنگ نتایج نشان داد که افزودن پودر DUWP سبب تغییرات معنی‌داری در شاخص L^* نمونه‌ها می‌گردد اما این متغیر تأثیری بر شاخص‌های a^* و b^* نداشت. همچنین افزودن لاکتولوز بر هیچیک از شاخص‌های رنگ پنیر تأثیر معنی‌داری نداشت. هرچند با افزایش مقدار DUWP، مقدار شاخص روشنایی و امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌داری از این نظر میان نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱٪ پودر DUWP و ۱٪ پودر لاکتولوز وجود نداشت. بنابراین نمونه‌ی پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک حاوی ۱ درصد پودر DUWP و ۱ درصد پودر لاکتولوز به عنوان بهترین نمونه مشخص شد. بنابراین، با استفاده از فرمولاسیون مذکور می‌توان فرآورده‌ای با خاصیت سلامت‌بخشی تولید کرد که بتواند تا پایان ۶۰ روز نگهداری نیز خواص پروبیوتیکی خود را حفظ کند.

۵- قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شده‌است و به این منظور نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند. همچنین از مسئولین

بیشتر ماست شیرین در کشورهای غربی نسبت دادند. درهرحال این محققین نیز نشان دادند که افزایش غلظت لاکتولوز از یک سطح معین به بعد باعث کاهش معنی‌دار میزان مقبولیت پذیرش کلی نمونه‌ها می‌گردد [۳۷].

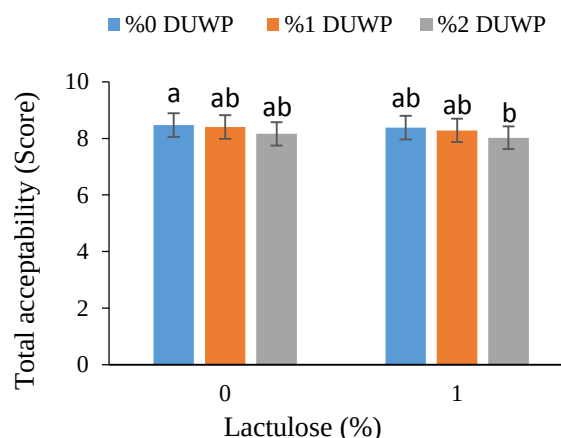


FIG 1. Effect of addition of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on total acceptability of synbiotic ultrafiltrated cheeses

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با گذشت زمان نگهداری، امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های پنیر به‌طور قابل توجهی ($P < 0.001$) کاهش یافت. در این میان اختلاف معنی‌داری میان امتیاز پذیرش کلی پنیر در روز یکم و پانزدهم مشاهده نشد. به‌طور میانگین، پذیرش کلی نمونه‌های پنیر فراپالوده در دوره‌های زمانی ۱، ۳۰ و ۶۰ روز نگهداری به ترتیب ۸/۵۶، ۸/۴۸ و ۷/۸۲ تعیین گردید. همگام با نتایج این پژوهش، جیرسارای و همکاران [۳۶] در بررسی تأثیر اینولین و لاکتولوز بر خواص حسی نمونه‌های پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک طی مدت ۶۰ روز نگهداری گزارش دادند که کیفیت نمونه‌های پنیر با گذشت زمان کاهش قابل توجهی یافت.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش جاری حاکی از آن است که استفاده از غلظت‌های مناسب پودر DUWP و لاکتولوز در فرمولاسیون

۶- منابع

محترم کارخانه پگاه خوزستان و واحد تحقیق و توسعه کارخانه به جهت تولید نمونه‌های پنیر قدردانی می‌گردد.

- [1] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2017. Optimization of physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese containing fat replacers by Response Surface Methodology. *Journal Food Science & Technology (Iran)*. 14(63), 91-106. [In Persian]
- [2] Rodrigues, D., Rocha-Santos, T.A.P., Pereira, C.I., Gomes, A.N., Malcata, F.Z. and Freitas, A.C. 2011. The potential effect of FOS and inulin upon probiotic bacterium performance in curdled milk matrices. *LWT- Food Science and Technology*. 44(1), 100-108.
- [3] Mohammadi, R. and Mortazavian, A. 2011. Review article: technological aspects of prebiotics in probiotic fermented milks. *Food Review International*. 27, 192-212
- [4] Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Sorrentino, E. and Panfil, G. 2010. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*. 93(10), 4555-4564.
- [5] Shah, N.P. 2007. Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*. 17(11), 1262-1277.
- [6] Champagne, C.P., Paul Ross, R., Saarela, M., Flemming Hansen, K. and Charalopoulos, D. 2011. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices (Review). *Journal of Food Microbiology*. 149(3), 185-193.
- [7] Nicholson, J.K., Holmes, E., Kinross, J., Burcelin, R., Gibson, G., Jia, W., and Petterson, S. 2012. Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*. 336, 1262-1267.
- [8] Nooshkam, M., and Madadlou, A. 2016. Microwave-assisted isomerisation of lactose to lactulose and Maillard conjugation of lactulose and lactose with whey proteins and peptides. *Food Chemistry*. 200, 1-9.
- [9] Murphy, E.G., Roos, Y.H., Hogan, S.A., Maher, P.G., Flynn, C.G. and Fenelon, M.A. 2015. Physical stability of infant milk formula made with selectively hydrolysed whey proteins. *International Dairy Journal*. 40, 39-46.
- [10] Baldasso, C., Marczak, L., and Tessaro, I. 2014. A comparison of different electrodes solutions on demineralization of permeate whey. *Separation Science and Technology*. 49(2), 179-185.
- [11] Jooyandeh, H., Minhas, K.S., and Kaur, A. 2009. Sensory quality and chemical composition of wheat breads supplemented with fermented whey protein concentrate and whey permeate. *Journal Food Science and Technology*. 46(2). 146-148.
- [12] Jooyandeh, H. and Minhas, K.S. 2009. Effect of addition of fermented whey protein concentrate on cheese yield and fat and protein recoveries of Feta cheese. *Journal of Food Science and Technology*. 46(3), 221-224.
- [13] Jooyandeh, H. 2020. Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplemented with precipitated whey protein (PWP). *African Journal of Agriculture and Food Security*. 8(2), 1-7.
- [14] Jooyandeh, H., Danesh, E., and Goudarzi, M. 2017. Influence of Transglutaminase Treatment on Proteolysis and Lipolysis of Low-Fat White-Brined Cheese Incorporated with Whey Proteins during Ripening. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 15(4), 31-44. [In Persian]
- [15] Torabi, F., Jooyandeh, H. and Noshad, M. 2021. Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase. *Journal of Food Processing and Preservation*. 45(4), e15572, 1-11.
- [16] Yademellat, M., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2018. Comparison of some physicochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. *Journal Food Science & Technology (Iran)*. 14(72), 313-326. [In Persian]
- [17] Mortazavian, A., Ehsani, M., Sohrabvandi, S., and Reinheimer, J. 2007. MRS-bile agar: its suitability for the enumeration of mixed probiotic cultures in cultured dairy products. *Milchwissenschaft*. 62(3), 270-272.
- [18] Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P., Kondyli, E. and Alichanidis, E., 2002. Flavour enhancement of low-fat Feta-type cheese using a commercial adjunct culture. *Journal Food Chemistry*. 79(2), 193-198.
- [19] Boylston, T.D., Vinderola, C.G., Ghoddusi, H.B. and Reinheimer, J.A. 2004. Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards. *International Dairy Journal*. 14, 375-387.
- [20] Hekmat, Sh., Soltani, H. and Reid, G. 2009. Growth and Survival of *Lactobacillus reuteri*

- RC-14 and *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 in yogurt for use as a functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10, 293- 296.
- [21] Marshall, V.M. 1992. Inoculated ecosystems in a milk environment. *Journal of Applied Bacteriology*. 73, 127s-135s.
- [22] Islam, M. Alharbi, M.A. Alharbi, N.K. Rafiq, S. Shahbaz, M. Murtaza, S. Raza, N. Farooq, U. Ali, M. Imran, M. et al. 2022. Effect of Inulin on Organic Acids and Microstructure of Synbiotic Cheddar-Type Cheese Made from Buffalo Milk. *Molecules*. 27, 1-12.
- [23] Jooyandeh, H., Momenzadeh, S., Alizadeh Behbahani¹, A. and Barzegar, H. 2022. Effect of *Malva neglecta* and lactulose on survival of *Lactobacillus fermentum* and textural properties of symbiotic stirred yogurt. *Journal of Food Science & Technology*. 60, 1136-1143.
- [24] Özer, D., Akin, S., and Özer, B. 2005. Effect of inulin and lactulose on survival of *Lactobacillus acidophilus* la-5 and *Bifidobacterium bifidum* bb-02 in *Acidophilus bifidus* yoghurt. *Food Science & Technology International*. 11(1), 19-24
- [25] Oliveira, R.P., Florence, A.C., Perego, P., De Oliveira, M.N., and Converti, A. 2011. Use of lactulose as prebiotic and its influence on the growth, acidification profile and viable counts of different probiotics in fermented skim milk. *International Journal of Food Microbiology*. 145(1), 22-27.
- [26] Cardarelli, H.R., Saad, S.M., Gibson, G.R., and Vulevic, J. 2007. Functional petit-suisse cheese: measure of the prebiotic effect. *Anaerobe*. 13(5-6), 200-207.
- [27] Ozturkoglu-Budak, S. Akal, H.C. Buran, I. and Yeti,semiye, A. 2019. Effect of inulin polymerization degree on various properties of synbiotic fermented milk including *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* Bb-12. *Journal Dairy Science*. 102, 6901-6913.
- [28] Ozer, B., Kirmaci, H.A., Oztekin, S., Hayaloglu, A., and Atamer, M. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*. 17(3), 199-207.
- [29] Zamora-Vega¹, R., Montañez-Soto, J.L., Venegas-González, J., Bernardino-Nicanor, A., González Cruz, L. and Martínez-Flores, H.E. 2013. Development and characterization of a symbiotic cheese added with *Saccharomyces boulardii* and inulin. *African Journal of Microbiology Research*. 7(23), 2828-2834.
- [30] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 12(4), 2416-2425.
- [31] Danesh, E., Jooyandeh, H., and Goudarzi, M. 2017. Improving the rheological properties of low-fat Iranian UF-Feta cheese by incorporation of whey protein concentrate and enzymatic treatment of transglutaminase. *Iranian Journal Food Science & Technology*. 14(67), 285-298. [In Persian]
- [32] Juan, B., Zamora, A., Quintana, F., Guamis, B., and Trujillo, A.J. 2013. Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 66(4), 478-483.
- [33] Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J. and Kindstedt, P.S., 1999, Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese, *Journal of Dairy Science*. 82(4), 661-672.
- [34] Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., and Barzegar, H. 2020. Texture, color and total acceptance of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with microbial transglutaminase enzyme during storage period. *Journal Food Science & Technology (Iran)*. 17(98), 135-145. [In Persian]
- [35] Haissa, R.C., Fla via, C.A., Buriti, Inar A., and Susana, M.I.S. 2008. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT-Food Science & Technology*. 41, 1037-1046.
- [36] Jirsarai, B., Fadaei, V. and Noghani, R. 2017. The effect of inulin and lactulose on the survival of *Lactobacillus casei* and the physicochemical and sensory characteristics of probiotic ultra-refined feta cheese. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 14(53), 35-46. [In Persian]
- [37] Ben Moussa, O., Boulares, M., Chouaibi, M., Mzoughi, M. and Hassouna, M. 2019. Effects of lactulose levels on yoghurt properties. *Italian Journal of Food Science*. 31(4), 782 -799.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Impact of ultrafiltrated whey powder and lactulose on survival of *Bifidobacterium bifidum* and color characteristics of ultrafiltrated synbiotic cheeseGhazal Nosrati¹, Hossein Jooyandeh², Mohammad Hojjati², Mohammad Noshad³

1- MSc student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ABSTRACT

ARTICLE INFO

During last decades, consumer awareness in importance of healthy intake has led their tendency towards the potential health benefits of particular foods and food ingredients. These conditions resulted in development of functional foods. In the current research, the effect of different concentrations of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) at levels of 0, 1 and 2% (W/V) and lactulose at levels of 0 and 1% (W/V) on symbiotic ultrafiltrated cheese were evaluated as a functional food. The color values, total acceptability and survival ability of *Bifidobacterium bifidum* during 60 days of storage at 4 °C were studied. Results showed that as the amount of lactulose and DUWP powders increased, the number of probiotics enhanced meaningfully, while the number of probiotic bacteria deceased with passing the storage time ($p < 0.001$). However, the count of probiotic bacteria in samples containing lactulose and 1 or 2% DUWP at the end of 60 days of storage time were in the standard range of probiotic foods ($> 10^7$ Log cfu/g). The colorimetric results showed that as the amount of DUWP and the storage time increased, the lightness (L^*) decreased significantly ($p < 0.001$); but addition of both powders had no significant effect on a^* and b^* values. Based on the obtained results, the synbiotic cheese containing 1% DUWP and 1% lactulose powder as compare to control sample had a higher count of probiotic bacteria. Meanwhile, no differences in color quality and total acceptability were found between these two samples. Therefore, this synbiotic ultrafiltrated cheese was determined as the best functional cheese sample.

Article History:

Received: 2023/5/27

Accepted: 2023/7/9

Keywords:

Prebiotic,

Color values,

Demineralized whey,

Storage period

DOI: 10.22034/FSCT.20.141.238

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.141.15.3

*Corresponding Author E-Mail:
hosjooy@asnruk.ac.ir