اثر اینولین و لاکتولوز بر زنده مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک

بهرام جیرسرایی[a]، رضوان پوراحمد[*b]، وجیهه فدائی نوغانی[c]

[a] *دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران*
[b] *دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران*
[c] *استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر قدس، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۳/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۴

چکیده

مقدمه: مصرف محصولات سین بیوتیک (حضور همزمان پروبیوتیک و پری بیوتیک‌ها در فرآورده) اثرات مفیدی برای انسان دارد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر اینولین و لاکتولوز بر ویژگی‌های پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک بوده است.

مواد و روش‌ها: در این بررسی ترکیبات پری بیوتیک شامل اینولین و لاکتولوز به میزان ۲ درصد به صورت منفرد و مخلوط دوتایی مورد استفاده قرار گرفتند و باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی برای تولید پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و همچنین زنده مانی *لاکتوباسیلوس کازئی* در پنیر فراپالایش (UF) پروبیوتیک طی روزهای مختلف نگهداری (۱، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: روند تغییرات pH برای تمامی نمونه‌های پنیر طی نگهداری به طور معنی‌داری نزولی بود ($P<۰/۰۵$). از سوی دیگر، مقدار اسیدیته نمونه‌های پنیر طی نگهداری افزایش معنی‌داری یافت ($P<۰/۰۵$). روند تغییرات رطوبت برای تمامی نمونه‌های پنیر نزولی بوده و به طور معنی‌داری تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). نمونه‌های پنیر I (حاوی اینولین)، L (حاوی لاکتولوز) و IL (حاوی مخلوط اینولین و لاکتولوز) در مقایسه با نمونه C (شاهد) کیفیت حسی بهتری داشتند. در روز اول نگهداری تغییرات معنی‌داری بین نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از نظر شمارش لاکتوباسیلوس کازئی وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). در پایان دوره نگهداری، تعداد *لاکتوباسیلوس کازئی* در نمونه‌های I ، L و IL در مقایسه با نمونه شاهد بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: بطورکلی، می توان گفت که تمام پنیرهای سین بیوتیک نهایی در این تحقیق با داشتن بیش از $۱۰^{۷}$ CFU/g باکتری زنده *لاکتوباسیلوس کازئی* در پایان دوره نگهداری، ویژگی خاص اطلاق نام فرآورده پروبیوتیکی را داشتند. در واقع افزودن ترکیب پری بیوتیک موجب بهبود ویژگی‌های حسی و فیزیکوشیمیایی و نیز افزایش بقای لاکتوباسیلوس کازئی در پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک در مقایسه با نمونه شاهد (پنیر فاقد ترکیب پری بیوتیک) شد.

واژه‌های کلیدی: *اینولین، پروبیوتیک، پنیر فراپالایش، سین بیوتیک، لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتولوز*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: rjpourahmad@yahoo.com

مقدمه

فلور روده انسان حاوی انواع بسیاری از باکتری‌ها است. بسیاری از این باکتری‌ها برای گوارش بهینه غذا مفیدند. دسته‌ای از این باکتری‌ها که به باکتری‌های پروبیوتیک معروف هستند، علاوه بر کمک به گوارش مولکول‌های پیچیده، ترکیباتی مانند ویتامین‌ها و آنتی‌بیوتیک‌های مختلف را تولید می‌کنند که برای بدن مفید می‌باشند. یکی از مهم‌ترین منابع باکتری‌های پروبیوتیک شیر و فرآورده‌های لبنی هستند (مرتضویان و سهراب وندی، ۱۳۸۵). به عبارتی پروبیوتیک‌ها ارگانیسم ها یا مواد حاملی هستند که تعادل میکروبی روده را بهبود می‌بخشند و شامل گونه‌های لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتریوم می‌باشند. گونه‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس[1]، لاکتوباسیلوس کازئی[2]، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم[3] ، بیفیدوباکتریوم لانگوم[4]، و بیفیدوباکتریوم بروی[5] از مهمترین باکتری‌های پروبیوتیک می‌باشند (Alizadeh *et al*., 2008; Bari *et al*., 2009).

لاکتوباسیلوس کازئی یکی از پروبیوتیک‌های مهم در فرآورده‌های غذایی است. این باکتری گرم مثبت، مزوفیل، میله‌ای شکل، میکروآئروفیل، کاتالاز منفی و بدون اسپور بوده و بیشترین قابلیت بقاء را در فرآورده‌های تخمیری لبنی به آن نسبت می‌دهند. اسید لاکتیک تولید شده توسط لاکتوباسیلوس کازئی از نوع + L است و به ونکومایسین مقاوم می باشد. این باکتری نسبت به لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس مقاومت کمتری به شیره معده و نمک‌های صفراوی دارد (مرتضویان و سهراب وندی، ۱۳۸۵).

پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات غیرقابل هضم نظیر الیگوساکاریدها هستند که بوسیله تقویت رشد یا فعالیت تعداد محدودی از باکتری‌های موجود در روده بزرگ (عمدتاً لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکتری‌ها) اثرات مفیدی برای میزبان داشته و در افزایش سلامتی فرد موثرند. از مهمترین منابع غذایی پری‌بیوتیک‌ها می‌توان پیاز، سیر، سویا، کاسنی، آرتیشو، حبوبات، غلات سبوس‌دار، قارچ‌ها، عسل و موز را نام برد (مرتضویان و سهراب وندی، ۱۳۸۵).

از اثرات سودمند شناخته شده برای پری بیوتیک‌ها می‌توان به پیشگیری و درمان عفونت‌ها، تولید اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه، انتقال اسیدهای صفراوی، سنتز ویتامین‌ها و تنظیم سیستم ایمنی بدن اشاره نمود. مطالعات اخیر افزایش جذب کلسیم، منیزیم، آهن و روی را به وسیله پری بیوتیک ها نشان داده است (Shah, 2000; Tuohy *et al*., 2003; Kolida *et al*., 2002; de Vrese & Schrezenmeir, 2008). از مارس سال ۱۹۸۲ محصولاتی با نام سین بیوتیک نیز وارد بازار شده‌اند که در واقع ترکیبی از پروبیوتیک و پری‌بیوتیک هستند و می‌توانند در بهبود علائم سندرم روده تحریک پذیر بسیار مؤثر باشند (Tamime, 2008; Tamime *et al*., 2005; de Vrese & Schrezenmeir, 2008; Tuohy *et al*., 2003).

در میان این فرآورده‌های شیری پروبیوتیکی، انواع پنیر حاملین مناسب پروبیوتیک‌ها هستند، از آن جهت که قابلیت زیستی پروبیوتیک‌ها در آن، چه در خود فرآورده (طی رسیدن یا) و چه حین گذر از دستگاه گوارش بالاست. دلایل بالا بودن قابلیت زیستی پروبیوتیک‌ها در انواع پنیر بعلت بالاتر بودن میزان pH و کمتر بودن اسیدیته قابل تیتر، طرفیت بافری بالا، محتوای چربی پایین، میزان کمتر غلظت اکسیژن، میزان بالای در دسترس بودن بودن مواد تغذیه‌ای و همچنین ماتریکس متراکم تر در بافت پنیر است (Dinakar & Mistry, 1994; Gardiner *et al*., 1999).

پنیر فتای فراپالایش پنیری است با بافت نرم و مالش پذیر که در نتیجه فراپالایش شیر تا ماده خشک ۳۵ درصد و سپس انعقاد آنزیمی ناتراوه حاصل به دست می‌آید. این پنیر فاقد دوره رسیدن است و ماندگی آن نیز حداکثر ۲ ماه می‌باشد (Robinson & Tamime, 1996).

از آنجائیکه پنیر فتای فراپالایش بعنوان یکی از فرآورده‌های لبنی پر مصرف جایگاه ویژه‌ای را در سبد مواد غذایی مصرف‌کنندگان به خود اختصاص داده است و همچنین میزان آگاهی مردم نسبت به فرآورده‌های لبنی پروبیوتیک در سال‌های اخیر روند رو به رشدی را نشان داده است، بنابراین افزودن ترکیبات پری‌بیوتیک با هدف افزایش دادن بقای باکتری‌های پروبیوتیک می‌تواند نقش مهمی را در بهبود وضعیت سلامتی جامعه ایفا نماید. هدف از این تحقیق، بررسی اثر ترکیبات پری‌بیوتیک شامل اینولین و لاکتولوز به صورت منفرد و مخلوطهای دوتایی بر

[1] *Lactobacillus acidophilus* [2] *L. casei* [3] *Bifidobacterium bifidum* [4] *B. longum* [5] *B. bifidum*

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک بوده است.

مواد و روش‌ها

- انتخاب باکتری پروبیوتیک

باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی جهت استفاده در این پژوهش انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. این باکتری بصورت خالص و خشک شده انجمادی از شرکت کریستین هنسن دانمارک (CHR-Hansen) خریداری گردید.

- تولید پنیر

تولید پنیر با اقتباس از روش Robinson و Tamime (1996) صورت گرفت. در ابتدا شیر با چربی ۳/۵ درصد بعد از عبور از پیش سرد کن، کلاریفایر، دستگاه باکتوفیوژ و دستگاه خلأ وارد دستگاه پاستوریزاتور شده و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه گردید. در دستگاه اولترافیلتراسیون (UF) با استفاده از صافی غشایی لوله ای، آب و قسمتی از لاکتوز شیر پاستوریزه گرفته شد و ماده خشک شیر افزایش یافت. سپس مواد پری بیوتیک (اینولین و لاکتولوز) به میزان ۲ درصد (به صورت منفرد و ترکیب دوتایی) به فاز ماندگار اضافه شده و در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد و فشار ۷۰ بار هموژنیزه و در دمای $^{\circ}C$ ۷۸ مجدداً پاستوریزه گردید. سپس تا دمای $^{\circ}C$ ۳۲ برای مایه زنی سرد شد، استارتر (۱ درصد از استارتر مخلوط مزوفیل-ترموفیل بصورت DVS) و رنت به فاز ماندگار اضافه گردید. سپس سریعاً به میزان ۳۰۰ گرم در لیوان‌های مخصوص پر شد. همزمان با پر شدن فاز ماندگار در لیوان ها، ۰،۰۰۳ گرم استارتر لاکتوباسیلوس کازئی (تقریبا 10^{9}کلنی در گرم از باکتری پروبیوتیک) به هر لیوان اضافه گردید. سپس لیوان‌ها از تونل انعقاد عبور نموده تا لخته تشکیل شد. آنگاه با قرار دادن کاغذ مخصوص به نام پارچمنت[1]، مقدار ۲ درصد نمک گرانولی روی پارچمنت ریخته و سپس درب بندی صورت گرفت. پنیر های تولیدی به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه با دمای $^{\circ}C$ ۳۱-۲۹ درجه سانتی گراد و سپس در سردخانه با دمای $^{\circ}C$ ۴ نگهداری شدند. باید متذکر شد که نمونه‌های شاهد (بدون ترکیبات پری بیوتیک) نیز تولید شدند. کلیه نمونه‌ها با ۳ تکرار تولید گردیدند. پنیرهای خروجی از سردخانه نمونه‌های روز اول بودند. سپس نمونه‌های تولیدی به مدت ۶۰ روز در سردخانه با دمای $^{\circ}C$ ۱۰-۸ نگهداری شدند. در طول مدت زمان نگهداری، در فواصل زمانی ۱، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ روز از نمونه‌های پنیر نمونه‌برداری گردید و آزمایشات لازم بر روی آنها انجام گرفت.

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

- اسیدیته

برای تعیین اسیدیته از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ استفاده شد (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵). بدین ترتیب که نمونه را در داخل هاون یا مخلوط کن مناسب کاملا نرم و مخلوط نموده و آن را به ظرف مناسب انتقال داده و درب آن محکم بسته شد. سپس ۲۰ گرم از این مخلوط را در بشر توزین نموده و به آن ۵۰ میلی لیتر الکل اتیلیک خنثی اضافه نموده و پس از افزودن ۰/۵ میلی لیتر فنل فتالئین با هیدروکسید پتاسیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. مقدار اسیدیته پنیر برحسب اسیدلاکتیک و از فرمول زیر محاسبه شد:

اسیدیته بر حسب در صد اسید لاکتیک= گرم وزن نمونه/ ۱۰۰×۰/۰۰۹ × میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم

- pH

برای اندازه‌گیری pH، از استاندارد ملی شماره ۲۸۵۲ استفاده گردید. در این روش، اندازه گیری pH با استفاده از فرو بردن الکترود دستگاه به داخل بافت پنیر صورت گرفت (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵).

- رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵۳ (تعیین ماده خشک پنیر و پنیر ذوب شده) انجام گرفت (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۱).

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره

[1] Parchment

۴۹۳۸ انجام شد (بی نام ، ۱۳۷۷). ویژگی‌های حسی (طعم و مزه، بو، بافت و پذیرش کلی) توسط ۱۰ نفر ارزیاب حسی آموزش دیده بررسی شد. ارزیابی حسی بر اساس روش رتبه بندی به صورت ۱و۲،۳،۴،۵ به ترتیب برای بسیار خوب، خوب، متوسط، بد و بسیار بد انجام گردید.

- آزمون میکروبی

برای شمارش باکتری پروبیوتیک از محیط کشت MRS bile agar، استفاده گردید. روش پورپلیت بـه کـار گرفتـه شد و گرمخانه گذاری در شرایط هوازی در دمای ۳۷ °C به مدت ۷۲-۴۸ ساعت انجام گرفت (Thamaraj & Shah, 2003).

- تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و شمارش باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از روش تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری یا ANOVA-GLM (General Repeated Measures) بر اساس حداقل تفاوت معنی‌داری یا LSD (Least Significant Difference) جهت بررسی و تعیین معنی‌داری تفاوت میانگین‌های هر نمونه در مراحل زمانی مختلف استفاده شد؛ از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA-One Way) و آزمون مقایسه‌های چند گانه توکی (Tukey) برای تعیین تفاوت معنی‌داری میانگین‌ها بین نمونه‌های مختلف استفاده شد. برای مشخص نمودن تفاوت معنی‌داری میانگین نتایج آزمون‌های حسی از روش ناپارامتری Kruskal-Wallis H جهت مقایسه بین نمونه‌های مختلف پنیر پروبیوتیک، و از روش‌های آزمون Friedman و آزمون Wilcoxon جهت مقایسه هرنمونه پنیر طی دوره نگهداری استفاده گردید. در این تحقیق کلیه تیمارها با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. سطح معنی‌داری $\alpha = ۰/۰۵$ ($P<۰/۰۵$) و نرم افزار مورد استفاده SPSS V.17.0 بود.

یافته‌ها

- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

مقادیر pH نمونه‌های پنیر پروبیوتیک طی مدت زمـان نگهداری ۶۰ روزه در یخچال در جدول ۱ ارائه شـده اسـت. در روز اول نگهـداری تفـاوت معنـی‌داری بـین میـزان pH نمونه‌های پنیر سین بیوتیک و پنیـر کنتـرل وجـود داشـت ($P <۰/۰۵$) و نمونه‌های پنیر I و L دارای بیشترین میـزان pH (۴/۸۵ و ۴/۷۹، به ترتیب) در بین سایر نمونه های پنیر سین بیوتیـک بودنـد، در حالیکـه نمونـه پنیـر کنتـرل (C) کمترین مقدار pH (۴/۶۳) را داشت. با افزایش مدت زمـان نگهـــداری، بتـــدریج از روز اول تـــا روز شصـــت ام دوره نگهداری، بتدریج میزان pH در تمـامی نمونـه‌هـا کـاهش معنی‌داری ($P <۰/۰۵$) یافت بطوریکه کمتـرین مقـدار pH در روز ۶۰ ام نگهـــداری گـــزارش شـــد. در پایـــان دوره نگهداری، بیشترین میزان pH بـه نمونـه‌هـای پنیـر سـین بیوتیک I و L (۴/۵۰) و کمترین مقدار pH به نمونـه پنیـر کنترل (۴/۴۱) اختصاص داشت. همچنین طی مـدت زمـان نگهداری، تغییرات مقـادیر pH در نمونـه L معنـی‌دار نبـود ($P>۰/۰۵$) و روند ثابتی تا روز سی ام نگهداری داشت و در روز چهل و پنجم دوره نگهـداری، مقـدار pH در آن بطـور معنی‌داری کاهش یافت ($P <۰/۰۵$). در میـان نمونـه‌هـای پنیر سین بیوتیک، مقادیر pH در نمونه پنیـر IL بیشـترین نزدیکی را به مقدار pH نمونه پنیر C نشان داد بطوریکه در انتهای دوره نگهداری یعنی روز ۶۰ ام، تفـاوت معنـی داری بین میزان pH نمونه‌هـای پنیـر IL و C مشـاهده نگردیـد ($P>۰/۰۵$).

مقادیر اسیدیته برای نمونه های پنیر پروبیوتیک در طی مدت زمان نگهداری ۶۰ روزه در یخچال، در جدول۲ نشان داده شده است. در روز اول نگهداری تفاوت معنی‌داری بین میزان اسیدیته نمونه‌های پنیر مشاهده گردیـد ($P <۰/۰۵$)؛ بدین ترتیب که نمونه پنیر سین بیوتیک IL دارای بیشترین میزان اسیدیته یعنی ۱/۶۶ درصد بر حسب اسید لاکتیـک و نمونه L دارای کمترین مقدار اسیدیته یعنی ۰/۹۸ درصد بـر حسب اسید لاکتیک بودند. مقادیر اسیدیته نمونه های پنیـر پروبیوتیک در طی دوره نگهداری بتدریج افـزایش یافـت و نمونه‌های L و I دارای کمترین مقدار اسیدیته در بین سـایر نمونه‌های پنیر بودند. از سوی دیگر نمونه IL و C بترتیـب بیشترین میزان اسیدیته را داشتند. در پایان دوره نگهـداری، نمونـه پنیـر سـین بیوتیـک IL دارای بیشـترین اسـیدیته (۲/۰۳درصد بر حسب اسـید لاکتیـک) و بعـد از آن نمونـه کنترل دارای بالاترین اسیدیته (۱/۷۳ درصد بر حسب اسـید لاکتیک) بود، نمونه پنیر L نیز کمترین اسیدیته را داشت.

جدول ۱- مقادیر* pH در نمونه‌های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰
I***	۴/۸۵ ± ۰/۰۲۵**^{aA}	۴/۷۹ ± ۰/۰۱۵^{aAB}	۴/۷۳ ± ۰/۰۳۵^{aBC}	۴/۶۴ ± ۰/۰۳۲^{aC}	۴/۵۰ ± ۰/۰۲^{aD}
L	۴/۷۹ ± ۰/۰۲^{bA}	۴/۷۹ ± ۰/۰۱۵^{aA}	۴/۷۳ ± ۰/۰۳۵^{aAB}	۴/۶۴ ± ۰/۰۳۲^{aB}	۴/۵۰ ± ۰/۰۲^{aC}
IL	۴/۷۱ ± ۰/۰۲^{cA}	۴/۶۴ ± ۰/۰۲۵^{bB}	۴/۶۱ ± ۰/۰۲۵^{bB}	۴/۵۳ ± ۰/۰۲۱^{bBC}	۴/۴۸ ± ۰/۰۲^{aCD}
C	۴/۶۳ ± ۰/۰۲۱^{dA}	۴/۵۸ ± ۰/۰۲^{cAB}	۴/۵۲ ± ۰/۰۲۶^{cB}	۴/۴۳ ± ۰/۰۳۵^{cC}	۴/۴۱ ± ۰/۰۶۱^{aC}

* میانگین ± انحراف معیار (n=3)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha = ۰/۰۵$ یعنی $P < ۰/۰۵$ بین نمونه‌های پنیرو حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha = ۰/۰۵$ یعنی $P < ۰/۰۵$) در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

*** نمونه‌های I، L، IL و C به ترتیب نمایانگر پنیر حاوی ترکیب پری بیوتیک اینولین، لاکتولوز، اینولین- لاکتولوز و نمونه کنترل (بدون ترکیب پری‌بیوتیک) می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر* اسیدیته (درصد بر حسب اسید لاکتیک) در نمونه های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰
I	۱/۱۴ ± ۰/۰۲۵**^{cE}	۱/۱۷ ± ۰/۰۲^{cD}	۱/۲۴ ± ۰/۰۲^{cC}	۱/۳۹ ± ۰/۰۲^{cB}	۱/۴۳ ± ۰/۰۳۱^{cA}
L	۰/۹۸ ± ۰/۰۲۵^{dD}	۱/۰۴ ± ۰/۰۲^{dC}	۱/۰۷ ± ۰/۰۲^{dBC}	۱/۱۷ ± ۰/۰۲۵^{dB}	۱/۲۳ ± ۰/۰۱۵^{dA}
IL	۱/۶۶ ± ۰/۰۳^{aD}	۱/۷۱ ± ۰/۰۲۵^{aC}	۱/۷۹ ± ۰/۰۲۵^{aB}	۱/۹۷ ± ۰/۰۱۵^{aA}	۲/۰۳ ± ۰/۰۲^{aA}
C	۱/۴۵ ± ۰/۰۱۵^{bD}	۱/۴۹ ± ۰/۰۲^{bCD}	۱/۵۴ ± ۰/۰۲۵^{bC}	۱/۶۷ ± ۰/۰۲^{bB}	۱/۷۳ ± ۰/۰۲۵^{bA}

* میانگین ± انحراف معیار (n=3)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح $\alpha = ۰/۰۵$ یعنی $P < ۰/۰۵$ بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح $\alpha = ۰/۰۵$ یعنی $P < ۰/۰۵$ در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

میزان رطوبت نمونه‌های پنیر پروبیوتیک نگهداری شده در یخچال طی مدت زمان نگهداری ۶۰ روزه، در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با جدول ۳ در تمامی روزهای دوره نگهداری، اختلاف معنی‌داری بین نمونه پنیر پروبیوتیک کنترل (C) و نمونه‌های پنیر سین بیوتیک وجود داشت ($P < ۰/۰۵$). همچنین در روز اول نگهداری، نمونه C دارای بالاترین میزان رطوبت (۶۵/۱۱٪) نسبت به سایر نمونه‌های پنیر بود و کمترین میزان رطوبت (۶۳/۲۷٪) به نمونه I اختصاص داشت. تغییرات مقدار رطوبت از روز اول تا روز پانزدهم نگهداری، برای تمامی نمونه‌های پنیر به جز پنیر سین بیوتیک IL معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). بطور کلی مقدار رطوبت در روز اول نگهداری در بالاترین مقدار خود در طی دوره نگهداری قرار داشت. با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان رطوبت برای تمامی نمونه‌های پنیر به طور معنی‌داری تا روز شصتم نگهداری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). بیشترین تغییرات رطوبت درنمونه پنیر سین بیوتیک IL مشاهده گردید. در انتهای دوره نگهداری یعنی در روز شصتم، بیشترین مقدار رطوبت در بین نمونه‌های پنیر پروبیوتیک مربوط به نمونه C با محتوای رطوبت ۶۴/۸۰٪ و کمترین رطوبت متعلق به نمونه I با میزان رطوبت ۶۳/۱۲٪ بود.

- ویژگی‌های حسی

مقادیر بدست آمده برای هر یک از ویژگی‌های حسی شامل مزه، بو، بافت، و پذیرش کلی بطور جداگانه در جداول ۴ تا ۷ به ترتیب نشان داده شده است. مطابق با جدول ۴، تغییرات معنی‌داری بین رتبه مزه نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از روز اول تا پایان روز ۴۵ ام نگهداری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). تنها در روز شصتم یعنی در پایان دوره نگهداری تفاوت معنی‌داری بین رتبه مزه برخی از نمونه‌های پنیر مشاهده گردید ($P <۰/۰۵$). در فاصله زمانی روز ۱۵ ام تا روز ۴۵ ام نگهداری، روند تغییرات رتبه مزه برای نمونه‌های پنیر سین بیوتیک I و IL تقریباً ثابت بود و تغییر معنی‌داری رخ نداد ($P>۰/۰۵$). در روز ۶۰ ام

نگهداری، نمونه‌های پنیر I و IL دارای بالاترین رتبه مزه به ترتیب مقادیر ۳/۲ و ۳/۱، و نمونه‌های L و C دارای کمترین رتبه طعم، بترتیب ۲/۲ و ۲/۴ بودند. بطور کلی در طی مدت زمان نگهداری، رتبه مزه برای نمونه‌های پنیر سیر نزولی داشت و این روند نزولی تغییرات در فاصله زمانی روز ۴۵ ام تا روز ۶۰ ام نگهداری سریع‌تر بود.

بر اساس داده‌های جدول ۵، تغییرات معنی‌داری بین رتبه بو نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از روز اول تا پایان روز ۴۵ ام نگهداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). تنها در روز ۶۰ ام یعنی در پایان دوره نگهداری، تفاوت معنی‌داری بین رتبه بو در برخی از نمونه‌های پنیر مشاهده شد (P <۰/۰۵). در طی مدت زمان نگهداری روز ۱۵ ام تا ۴۵ ام، رتبه بو برای نمونه پنیر IL تقریباً از روند ثابتی برخوردار بود و تغییر معنی‌داری ایجاد نشد (P>۰/۰۵). بطور کلی، در طی مدت زمان نگهداری رتبه بو برای هر یک از نمونه‌های پنیر بتدریج کاهش یافت و در پایان دوره نگهداری، نمونه‌های پنیر IL و I دارای بالاترین رتبه بو (به ترتیب مقادیر ۳/۲ و ۲/۸) و نمونه‌های L و C دارای کمترین رتبه بو (یعنی مقدار ۲/۳ و ۲/۲ به ترتیب) بودند.

جدول ۳- مقادیر * رطوبت (درصد) در نمونه‌های پنیر فتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۶۳/۲۷ ± ۰/۰۹۱^{**dA}	۶۳/۲۳ ± ۰/۰۸^{dA}	۶۳/۱۹ ± ۰/۰۷۶^{dAB}	۶۳/۱۵ ± ۰/۰۸۵^{dB}	۶۳/۱۲ ± ۰/۰۷۸^{dB}
L	۶۴/۱۰ ± ۰/۰۴۲^{bA}	۶۴/۰۸ ± ۰/۰۳۱^{bA}	۶۴/۰۱ ± ۰/۰۳۶^{bAB}	۶۳/۹۶ ± ۰/۰۳۱^{bBC}	۶۳/۸۵ ± ۰/۰۵^{bC}
IL	۶۳/۸۶ ± ۰/۰۳^{cA}	۶۳/۷۹ ± ۰/۰۲^{cB}	۶۳/۷۳ ± ۰/۰۲۵^{cC}	۶۳/۵۹ ± ۰/۰۲^{cD}	۶۳/۵۱ ± ۰/۰۳۵^{cE}
C	۶۵/۱۱ ± ۰/۰۲^{aA}	۶۵/۰۷ ± ۰/۰۱۵^{aAB}	۶۵/۰۱ ± ۰/۰۲^{aB}	۶۴/۸۸ ± ۰/۰۳^{aC}	۶۴/۸۰ ± ۰/۰۲۵^{aD}

* میانگین± انحراف معیار (n=3)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

جدول ٤- مقادیر* رتبه مزه نمونه های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۴/۱ ± ۰/۵۷^{**aA}	۴/۰ ± ۰/۴۷^{aAB}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{abBC}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aC}	۳/۲ ± ۰/۶۳^{abC}
L	۴/۲ ± ۰/۶۳^{aA}	۴/۰ ± ۰/۴۷^{aA}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{abB}	۳/۲ ± ۰/۶۴^{aB}	۲/۲ ± ۰/۴۲^{bcC}
IL	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۳/۸ ± ۰/۶۲^{aB}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۱ ± ۰/۷۴^{aC}
C	۴/۲ ± ۰/۶۳^{aA}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aAB}	۳/۱ ± ۰/۵۷^{bB}	۳/۱ ± ۰/۷۴^{aB}	۲/۴ ± ۰/۵۲^{cC}

* میانگین ± انحراف معیار (n=10)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ توسط آزمون بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر* رتبه بو نمونه‌های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۴/۱ ± ۰/۷۴^{**aA}	۴/۲ ± ۰/۶۳^{aA}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aAB}	۳/۳ ± ۰/۶۸^{aBC}	۲/۸ ± ۰/۶۳^{abC}
L	۴/۱ ± ۰/۵۷^{aA}	۳/۹ ± ۰/۳۲^{aA}	۳/۵ ± ۰/۵۳^{aB}	۳/۳ ± ۰/۶۸^{aB}	۲/۳ ± ۰/۴۸^{bcC}
IL	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۴/۱ ± ۰/۳۲^{aAB}	۳/۸ ± ۰/۶۳^{aAB}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۲ ± ۰/۴۲^{aC}
C	۴/۲ ± ۰/۶۳^{aA}	۳/۸ ± ۰/۴۲^{aB}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aC}	۳/۲ ± ۰/۴۲^{aC}	۲/۲ ± ۰/۴۲^{cD}

* میانگین ± انحراف معیار (n=10)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح α = ۰/۰۵ یعنی P < ۰/۰۵ در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۶، از روز اول تا پایان روز ۴۵ ام نگهداری، روند نزولی تغییرات رتبه بافت در نمونه‌های مختلف پنیر پروبیوتیک بسیار آهسته بود و تغییرات معنی‌داری بین رتبه بافت نمونه‌های پنیر پروبیوتیک مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در روز شصتم یعنی در پایان دوره نگهداری، تفاوت معنی‌داری بین رتبه بافت نمونه پنیر سین بیوتیک IL و پنیر کنترل مشاهده گردید (P<۰/۰۵)؛ درحالیکه بین مقادیر رتبه بافت نمونه‌های پنیر سین بیوتیک (I و L و IL) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در پایان زمان نگهداری یعنی روز ۶۰ ام، نمونه‌های IL و I دارای بالاترین رتبه‌های بافت (به ترتیب مقادیر ۳ و ۲/۶) و نمونه‌های L و C دارای کمترین رتبه بافت (بترتیب ۲/۴ و ۲/۱) بودند.

مطابق با جدول ۷، تغییرات معنی داری بین رتبه پذیرش کلی نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از روز اول تا پایان روز ۴۵ ام نگهداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). تنها در روز ۶۰ ام یعنی در پایان دوره نگهداری، تفاوت معنی‌داری بین رتبه پذیرش کلی نمونه پنیر سین بیوتیک I و IL با نمونه پنیر C مشاهده گردید (P< ۰/۰۵)؛ همچنین، بین رتبه پذیرش کلی نمونه‌های پنیر سین بیوتیک I، L و IL تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). در روز ۶۰ ام نگهداری، نمونه‌های پنیر IL و I دارای بالاترین رتبه (در محدوده مقادیر ۳/۲ – ۳/۱)، و نمونه‌های L و C دارای کمترین رتبه پذیرش کلی (به ترتیب ۲/۵ و ۲/۳) بودند. بطور کلی در طی مدت زمان نگهداری، رتبه پذیرش کلی برای هر یک از نمونه‌های پنیر بتدریج کاهش یافت و در روز ۶۰ ام یعنی همان روز پایانی دوره نگهداری، این تغییرات در رتبه پذیرش کلی تقریباً برای تمامی نمونه‌های پنیر معنی دار بود (P <۰/۰۵). درحالیکه در فاصله زمانی روز ۳۰ ام تا ۶۰ ام نگهداری، رتبه پذیرش کلی برای نمونه پنیر سین بیوتیک IL تقریباً از روند ثابتی برخوردار بود و تغییر معنی‌داری ایجاد نشد (P>۰/۰۵).

جدول ٦- میانگین مقادیر* رتبه بافت نمونه‌های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۴/۲ ± ۰/۶۳^{**aA}	۴/۰ ± ۰/۴۷^{aAB}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aB}	۲/۶ ± ۰/۷^{abC}
L	۴/۱ ± ۰/۵۷^{aA}	۳/۸ ± ۰/۴۲^{aA}	۳/۳ ± ۰/۶۸^{aB}	۳/۳ ± ۰/۶۸^{aB}	۲/۴ ± ۰/۵۲^{abC}
IL	۴/۱ ± ۰/۵۷^{aAB}	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۰ ± ۰/۶۸^{aC}
C	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aB}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۰ ± ۰/۶۷^{aC}	۲/۱ ± ۰/۵۷^{bD}

* میانگین ± انحراف معیار (n=10)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > P بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > P در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می باشد.

جدول ۷- میانگین مقادیر* رتبه پذیرش کلی نمونه های پنیرفتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۴/۲ ± ۰/۶۳^{**aA}	۴/۱ ± ۰/۷۴^{aA}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aAB}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aAB}	۳/۱ ± ۰/۷۴^{aB}
L	۴/۱ ± ۰/۵۷^{aA}	۳/۸ ± ۰/۴۲^{aAB}	۳/۵ ± ۰/۷۱^{aB}	۳/۳ ± ۰/۶۸^{aB}	۲/۵ ± ۰/۵۳^{abC}
IL	۴/۲ ± ۰/۴۲^{aA}	۴/۰ ± ۰/۴۷^{aAB}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aABC}	۳/۶ ± ۰/۵۲^{aBC}	۳/۲ ± ۰/۴۲^{aC}
C	۳/۸ ± ۰/۶۲^{aA}	۳/۷ ± ۰/۴۸^{aAB}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aB}	۳/۴ ± ۰/۵۲^{aB}	۲/۳ ± ۰/۶۸^{bC}

* میانگین±انحراف معیار (n=10)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > H P بین نمونه‌های مختلف پنیر سین بیوتیک، و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > P در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می‌باشد.

- زنده مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی

نتایج بدست آمده از شمارش لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه‌های پنیر پروبیوتیک طی دوره نگهداری در یخچال در جدول ۸ بیان شده است. بر طبق نتایج بدست آمده، در روز اول و پانزدهم نگهداری تغییرات معنی‌داری بین نمونه‌های پنیر پروبیوتیک در میزان شمارش باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). در روز ۴۵ ام نگهداری، نمونه پنیر کنترل (C) با سایر نمونه ها تفاوت معنی‌داری داشت (P <۰/۰۵)، بطوریکه حاوی تعداد کمتری باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی بود (۷/۰ Log CFU/g)؛ ولی بین سایر نمونه‌های پنیر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). در فاصله زمانی ۱۵ ام تا ۴۵ ام دوره نگهداری، کمترین تعداد باکتری لاکتوباسیلوس کازئی مربوط به نمونه پنیر C و بیشترین تعداد متعلق به نمونه‌های پنیر سین بیوتیک I، L و IL بود. در طی دوره نگهداری، اختلاف معنی‌داری در شمارش باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی میان نمونه‌های پنیر سین بیوتیک وجود نداشت (P>۰/۰۵). در روز شصت ام یعنی در پایان دوره نگهداری، بیشترین تعداد باکتری لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه‌های I و L (در محدوده تعداد ۷/۹-۷/۸۳ Log CFU/g) و کمترین تعداد در نمونه پنیر C (۶/۶۳ Log CFU/g) مشاهده گردید. بطور کلی در کل مدت زمان نگهداری، روند تغییرات تعداد باکتری‌های لاکتوباسیلوس کازئی نزولی بود و در انتهای دوره نگهداری تعداد آنها بطور معنی‌داری کاهش یافت (P <۰/۰۵).

بحث

- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

روند تغییرات pH برای تمامی نمونه‌های پنیر طی مدت زمان نگهداری نزولی بود. همچنین در ابتدا و انتهای دوره نگهداری، بالاترین pH مربوط به نمونه‌های پنیر I و L و کمترین مقدار pH مربوط به پنیر C بود. در واقع مشخص گردید که در پنیرهای سفید فرا پالایش، افزودن مخلوط دوتایی اینولین و لاکتولوز (نمونه IL) کمترین تأثیر را در کاهش میزان pH داشته است. مقادیر اسیدیته نمونه‌های پنیر پروبیوتیک در طی دوره نگهداری بتدریج افزایش معنی داری یافت و در ابتدا و انتهای دوره نگهداری، نمونه IL دارای بیشترین مقدار اسیدیته و نمونه L دارای کمترین مقدار اسیدیته بود. افزودن اینولین و لاکتولوز به همراه یکدیگر (IL) در پنیر سفید فراپالایشی، فعالیت متابولیکی استارترها را تحریک کرده و موجب افزایش اسیدیته گردید. بنظر می‌رسد که افزودن لاکتولوز به پنیر (نمونه L)، بیشترین تأثیر را در کاهش اسیدیته داشته است. همچنین اینولین محیط را به سمت اسیدی بودن می‌کشاند در نتیجه تمامی نمونه ها اسیدیته بالا دارند که این حاکی از فعالیت فلور میکروبی پنیر طی مدت زمان نگهداری، افزایش ترکیبات متابولیت اسیدی و همچنین فعالیت باکتری‌های پروبیوتیکی طی دوره نگهداری می‌باشد. نتایج این تحقیق با مطالعات Guven و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت داشت؛ آنها بیان نمودند استفاده از اینولین اثر معنی‌داری بر روی pH ماست ندارد. Donker و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش نمودند که افزودن اینولین به ماست پروبیوتیک موجب

جدول ۸- تعداد * باکتری لاکتوباسیلوس کازئی (Log CFU/g) در نمونه های پنیر فتای فراپالایش طی مدت زمان نگهداری

نمونه پنیر	دوره نگهداری (روز)				
	۱	۱۵	۳۰	٤٥	٦٠
I	۸/۹ ± ۰/۱^{**aA}	۸/۶۳ ± ۰/۱۵۳^{aA}	۸/۱۳ ± ۰/۱۵۳^{abB}	۷/۹ ± ۰/۲^{aBC}	۷/۹ ± ۰/۲^{aC}
L	۸/۹۳ ± ۰/۱۱۵^{aA}	۸/۵۳ ± ۰/۱۵۳^{aB}	۸/۳۳ ± ۰/۲۵۲^{aBC}	۸/۰ ± ۰/۱^{aCD}	۷/۸۳ ± ۰/۱۵۳^{aD}
IL	۸/۹ ± ۰/۱^{aA}	۸/۵ ± ۰/۲۶۵^{aAB}	۸/۱ ± ۰/۲^{abBC}	۷/۸ ± ۰/۲^{aC}	۷/۵۳ ± ۰/۱۵۳^{aC}
C	۸/۹ ± ۰/۱^{aA}	۸/۲ ± ۰/۲۶۵^{aAB}	۷/۶۳ ± ۰/۱۵۳^{bBC}	۷/۰ ± ۰/۲^{bCD}	۶/۶۳ ± ۰/۱۵۲^{bD}

* میانگین ± انحراف معیار (n=3)

** حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > P بین نمونه‌های پنیر و حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ = α یعنی ۰/۰۵ > P در هر نمونه پنیر طی دوره نگهداری می باشد.

افزایش تولید اسید لاکتیک، کاهش زمان تخمیر و افزایش میزان اسیدسازی می‌شود. همچنین بر اساس نتایج این محققین مشخص گردید که لاکتولوز اثری بر روند اسیدسازی و کاهش pH ندارد ولی مخلوط لاکتولوز- اینولین موجب کاهش معنی‌دار در pH می‌شود.

روند تغییرات رطوبت برای تمامی نمونه‌های پنیر طی دوره نگهداری نزولی بوده و میزان رطوبت برای تمامی نمونه‌های پنیر به طور معنی‌داری تا روز ۶۰ ام نگهداری کاهش یافته است. در تمامی روزهای دوره نگهداری، اختلاف معنی‌داری بین نمونه پنیر پروبیوتیک کنترل (C) و نمونه‌های پنیر سین بیوتیک وجود داشت. در ابتدا و انتهای دوره نگهداری، بیشترین و کمترین میزان رطوبت به ترتیب متعلق به نمونه پنیر C و پنیر I بود که بیان می‌کند ترکیبات پری بیوتیک منجر به کاهش رطوبت در بافت پنیر می‌شوند و یا به عبارتی میزان آب قابل دسترس را کم می‌کنند. اینولین پلی ساکاریدی است که مانند سایر ترکیبات پلی ساکاریدی دارای خاصیت تشکیل ژل و به دام اندازی آب می‌باشد (Meyer *et al*., 2011).

بنابراین به حفظ رطوبت نمونه‌های پنیر نیز کمک می‌کند و تغییرات رطوبت در نمونه‌های حاوی اینولین چندان چشمگیر نبوده اما یک افت قابل ملاحظه در نمونه‌های حاوی اینولین + لاکتولوز (نمونه IL) طی دوره نگهداری ملاحظه می‌شود که نهایتاً نمونه‌ها را به سمت کاهش رطوبت می‌کشاند. یکی از دلایل این افت، افزایش نسبت ترکیبات بلند زنجیر و احتمال ازدیاد تداخلات بین مولکولی و در نتیجه ایجاد سینرسیس و کاهش رطوبت نمونه‌های پنیر به جهت بر هم خوردن ساختار و شبکه پروتئینی پنیر و امکان واکنش با پروتئین‌ها می‌باشد (Emiliane *et al*., 2010).

- ویژگی‌های حسی

در بررسی خواص حسی نمونه‌های پنیر مشخص گردید که آنها خواصی شبیه به هم را در طی دوره نگهداری دارا بوده و در پایان دوره نگهداری، نمونه‌های پنیر سین بیوتیک IL و I از نظر ویژگی‌های حسی شامل طعم و مزه، بو، بافت و پذیرش کلی دارای بالاترین رتبه هستند که نشان می‌دهد مخلوط اینولین- لاکتولوز (IL) و اینولین (I) می‌توانند خواص حسی پنیر پروبیوتیک را بهبود بخشند.

Aghajani و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر افزودن لاکتوباسیلوس کازئی و ترکیب پری‌بیوتیک اینولین بر روی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی ماست سین بیوتیک پرداختند. آنها دریافتند که نمونه ماست سین بیوتیک حاوی اینولین از نظر طعم و مزه دارای رتبه بالاتری نسبت به نمونه ماست کنترل (فاقد باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی و اینولین) بوده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج مشابهی توسط Buriti و همکاران (2007a) گزارش شده است؛ در حقیقت آنها نشان دادند که پنیر خامه ای تازه و غنی شده با لاکتوباسیلوس پاراکازئی، با نمونه کنترل (پنیر بدون اینولین) مشابهت دارد؛ بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعات آنها، حضور اینولین درک طعم ومزه باقیمانده از لاکتوباسیلوس پاراکازئی را کاهش می‌دهد و باعث بهبود بافت پنیر می شود. از سوی دیگر Aragon-Alegro و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که افزودن اینولین در بهبود خواص حسی موس شکلات حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی مؤثر است.

- شمارش لاکتوباسیلوس کازئی

بر طبق نتایج ارائه شده در جدول ۴، در روز اول نگهداری تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های پنیر پروبیوتیک از نظر شمارش باکتری های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی مشاهده نگردید. کاهش جزئی در تعداد باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی طی مدت زمان نگهداری دیده شد و در پایان دوره نگهداری بیشترین تعداد باکتری لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه‌های پنیر سین بیوتیک I ، L و IL و کمترین تعداد در نمونه پنیر C مشاهده گردید. بنابراین، ترکیب اینولین یا لاکتولوز به تنهایی (یعنی نمونه‌های پنیر I و یا L) و یا مخلوط دوتایی از اینولین و لاکتولوز (IL) دارای اثر محافظتی بر روی بقای لاکتوباسیلوس کازئی می‌باشند.

Buriti و همکاران (2007b) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند؛ آنها به بررسی تأثیر افزودن سویه لاکتوباسیلوس پاراکازئی به‌صورت هم کشت با استرپتوکوکوس ترموفیلوس در تولید پنیر سین بیوتیک خامه‌ای پرداختند و مشاهده نمودند که میزان بقای لاکتوباسیلوس پاراکازئی در طی ۲۱ روز نگهداری بالای

$۱۰^{۷}$cfu/g می‌باشد. یکی از دلایل افت جمعت پروبیوتیکی مربوط به کاهش pH است، که در اثر متابولیسم همین باکتری‌های پروبیوتیک اتفاق می‌افتد و منجر به اسیدی شدن محیط شده و شرایط را برای رشدشان نامساعد می‌سازد. مطالعات محققین دیگر نیز این مسئله را تأیید نموده است (Guler-Akin, 2005).

به نظر می‌رسد تفاوت در میزان زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک در تیمارهای مختلف به کار رفته به نوع تیمار، میزان متابولیزه شدن ترکیبات، و میزان کاهش pH ناشی از مصرف ترکیب پری بیوتیک بستگی دارد. قابلیت زیستی و بقای پروبیوتیک‌ها از جمله فاکتورهای مهم در ارزیابی فرآورده‌های پروبیوتیک است. زنده مانی سلول‌های پروبیوتیک در محصولات غذایی تا هنگام زمان مصرف بعنوان مهم‌ترین فاکتور تعیین کننده در فرآورده‌های پروبیوتیک می‌باشد. تلقیح مؤثر باکتری‌های پروبیوتیک به داخل پنیر مستلزم این است که این پروبیوتیک‌ها بتوانند زنده مانی و بقای خود را در طی فرآوری و بدون تأثیرات نامطلوب بر خواص حسی محصول پروبیوتیکی حفظ نمایند (Boylston *et al*., 2004).

Aryana و MC Grow (۲۰۰۷) به بررسی زنده مانی لاکتوباسلوس کازئی در ماست‌های حاوی الیگوفروکتوز و اینولین طی نگهداری در شرایط سرد یخچالی پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که در شروع نگهداری، تعداد لاکتوباسیلوس کازئی در حدود ۷/۵ log cfu/ml بدون در نظر گرفتن نوع پری بیوتیک مورد استفاده می‌باشد و در پایان دوره نگهداری به میزان ۶/۹ log cfu/ml می‌رسد که در تطابق با نتایج مشاهده شده در این تحقیق می‌باشد.

Mazloomi و همکاران (۲۰۱۱) همچنین گزارش نمودند که در تولید ماست سین بیوتیک، افزودن اینولین به شیر میزان زنده مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس را افزایش می‌دهد. نتایج محققین مذکور با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد.

برخی از محققین به بررسی و مطالعه اثر اینولین بر روی ویژگی‌های کیفی ماست پروبیوتیک حاوی مخلوطی از لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس کازئی پرداختند و نشان دادند که شمارش باکتری‌های پروبیوتیک تا روز ۷ ام نگهداری افزایش و سپس کاهش یافته که این مقدار کاهش معنی‌دار نبوده است (Boeni & Pourahmad, 2012). یافته‌های محققین فوق با نتایج این تحقیق تناقض دارد، که می‌تواند بعلت ویژگی‌های متفاوت ماست و پنیر و همچنین نوع استارترهایی باشد که در تولید ماست بکار می‌رود و اثر سینرژیستی با باکتری‌های پروبیوتیک نشان می‌دهند. یکی از مهمترین تفاوت‌هایی که بین پنیرهای پروبیوتیک با سایر محصولات لبنی پروبیوتیک وجود دارد این است که باکتری‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی پروبیوتیک می‌بایست زنده مانی خود را در طی دوره رسیدن و نگهداری نسبتاً طولانی مدت حفظ نمایند (Tamime *et al*., 2005).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله از این مطالعه می‌توان گفت که افزودن ترکیب پری بیوتیک موجب بهبود ویژگی‌های حسی و فیزیکوشیمیایی و نیز افزایش بقای لاکتوباسیلوس کازئی در پنیر فتای فراپالایش پروبیوتیک در مقایسه با نمونه شاهد (پنیر فاقد ترکیب پری بیوتیک) شده است.

سپاسگزاری

از شرکت فرآورده‌های لبنی چوپان به دلیل تأمین مواد اولیه و انجام برخی از آزمایشات که امکانات اجرایی این طرح پژوهشی را فراهم نموده است، قدردانی می شود.

منابع

بی‌نام. (۱۳۷۷). روش ارزیابی حسی پنیر. استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۳۸ .

بی‌نام. (۱۳۸۱). تعیین ماده خشک پنیر و پنیر ذوب شده. استاندارد ملی ایران شماره۱۷۵۳.

بی‌نام. (۱۳۸۵). تعیین اسیدیته و pH . استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲.

مرتضویان، ا. م. و سهراب وندی، س. (۱۳۸۵) مروری بر پروبیوتیک‌ها و فراورده‌های غذایی پروبیوتیک، انتشارات آتا.

Aghajani, A., Pourahmad, R. & Mahdavi Adeli, H. R. (2012). Evaluation of Physicochemical Changes and Survival of Probiotic Bacteria in Synbiotic Yoghurt.

Journal of Food Biosciences and Technology, 2, 13-22.

Alizadeh, A., Homayouni Rad, A. & Ehsani, M. (2008). Probiotic survival in yogurt made from ultrafiltered skim milk during refrigerated storage. Research Journal of Biological Science, 3**,** 1163-1165.

Aryana, K. J. & Mcgrew, P. (2007). Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. LWT-Food Science and Technology, 40**,** 1808-1814.

Bari, M. R., Ashrafi, R., Alizade, M. & Rofehgarineghad, L. (2009). Effects of different contents of yogurt starter/probiotic bacteria, storage time and different concentration of cysteine on the microflora characteristics of bio-yogurt. Research Journal of Biological Science, 4**,** 137-142.

Boeni, S. & Pourahmad, R. (2012). Use of inulin and probiotic lactobacilli in synbiotic yogurt production. Annals of Biological Research, 3**,** 3486-3491

Boylston, T. D., Vinderola, C. G., Ghoddusi, H. B. & Reinheimer, J. A. (2004). Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards. International Dairy Journal, 14**,** 375-387.

Buriti, F. C., Cardarelli, H. R., Filisetti, T. M. & Saad, S. M. (2007a). Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and Lactobacillus paracasei in co-culture with Streptococcus thermophilus. Food Chemistry, 104**,** 1605-1610.

Buriti, F. C., Cardarelli, H. R. & Saad, S. M. (2007b). Biopreservation by *Lactobacillus paracasei* in coculture with Streptococcus thermophilus in potentially probiotic and synbiotic fresh cream cheeses. Journal of Food Protection, 70**,** 228-235.

De Vrese, M. & Schrezenmeir, J. (2008). Probiotics, prebiotics, and synbiotics. Food Biotechnology. Springer.

Dinakar, P. & Mistry, V. (1994). Growth and Viability of Bifidobacterium bifidum in Cheddar Cheese. Journal of Dairy Science, 77**,** 2854-2864.

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

Emiliane, A., Arrau joa, A., Elian`s, L., Mauro, M. & Celia, A. (2010). Development of a Symbiotic cottage cheese added with *Lactobacillus delbrueckii* UFV and inulin. Journal of Functional Food, 2, 85-89.

Gardiner, G., Stanton, C., Lynch, P., Collins, J., Fitzgerald, G. & Ross, R. (1999). Evaluation of cheddar cheese as a food carrier for delivery of a probiotic strain to the gastrointestinal tract. Journal of Dairy Science, 82**,** 1379-1387.

Güler-Akin, M. B. (2005). The effects of different incubation temperatures on the acetaldehyde content and viable bacteria counts of bio-yogurt made from ewe's milk. International Journal of Dairy Technology, 58**,** 174-179.

Guven, M., Yasar, K., Karaca, O. & Hayaloglu, A. (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology, 58**,** 180-184.

Kolida, S., Tuohy, K. & Gibson, G. (2002). Prebiotic effects of inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition, 87**,** S193-S197.

Mazloomi, S., Shekarforoush, S., Ebrahimnejad, H. & Sajedianfard, J. (2011). Effect of adding inulin on microbial and physico-chemical properties of low fat probiotic yogurt. Iranian Journal of Veterinary Research, 12**,** 93-98, 173.

Meyer. D., Bayarri. S., Tarrega. A., Costell. E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. Food Hydrocolloids, 25, 1881-1890.

Robinson, R. K. & Tamime, A. Y. (1996). Feta & Related Cheeses: CRC Press.

Shah, N. (2000). Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. Journal of Dairy Science, 83**,** 894-907.

Strohmaier, W. (1998). Lactulose: status of health-related applications.

Tharmaraj, N. & Shah, N.P. (2003). Selective Enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus,* Bifidobacteria, *Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus* and Propionibacteria. Journal of Dairy Science, 86, 2288–2296.

Tamime, A., Saarela, M., Korslund Sondergaard, A., Mistry, V. & Shah, N. (2005). Production and maintenance of viability of probiotic microorganisms in dairy products. Probiotic dairy products**,** 39-72.

Tamime, A. Y. (2008). Probiotic dairy products, John Wiley & Sons.

Tuohy, K. M., Probert, H. M., Smejkal, C. W. & Gibson, G. R. (2003). Using probiotics and prebiotics to improve gut health. Drug Discovery Today, 8, 692-700.