کاربرد آزمون روزن‌رانی معکوس در ارزیابی رئولوژیکی پنیر کوارک: اثر نوع سویه پروبیوتیک و زمان نگهداری بر ویژگی‌های حسی و بافتی

مارال سلطان‌زاده[1]، سیدهادی پیغمبردوست[2*]، جواد حصاری[2]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
۲- استاد تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۰)

چکیده

آزمون روزن‌رانی معکوس برای ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی پنیر کوارک پروبیوتیک استفاده شد. اثر نوع سویه میکروبی پروبیوتیک شامل *لاکتوباسیلوس کازئی* (LC) و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (LA) بر خواص حسی و بافتی پنیر کوارک در طول زمان نگهداری مطالعه گردید. نتایج نشان داد که پنیر کوارک LC در همه روزهای مورد آزمون بافت سفت‌تری (σ_{max} و مدول یانگ بالاتری) نسبت به نمونه LA نشان داد. با گذشت زمان نگهداری تا ۷ روز سفتی معنی‌داری ($p<0.05$) در بافت همه نمونه‌های پنیر ایجاد گردید. بعد از روز ۷، سفتی و سختی بافت مجددا کاهش یافته و در دو نمونه LC و LA بین روزهای ١٤ و ٢١ نگهداری تفاوت معنی‌داری از لحاظ سفتی بافت بین نمونه‌ها ملاحظه نشد. مقایسه ویژگی‌های حسی نشان داد که در روز اول بین نمونه‌های پنیر از لحاظ کلیه ویژگی‌های حسی تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) نبود. با افزایش زمان نگهداری، در روزهای ۷، ١٤ و ٢١، به غیر از ویژگی‌های رنگ و سطح پنیر، در بقیه ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌دار حاصل شد، طوری‌که نمونه LC در اکثر پارامترهای حسی نسبت به نمونه LA و کنترل امتیازات حسی بالاتری کسب کرد. بازاء افزایش زمان نگهداری، بغیر از ویژگی‌های رنگ و سطح پنیر، امتیازهای بقیه شاخصه‌های حسی کاهش قابل ملاحظه‌ای یافتند. بخصوص در بازه زمانی ١٤ تا ٢١ روز در همه نمونه‌های پنیر، شدیدترین کاهش در خصوصیات حسی رخ داد. با توجه به نتایج این مطالعه معلوم گردید که بهترین زمان نگهداری پنیر کوارک پروبیوتیک تا ١٤ روز بود که بیشتر از این زمان باعث افت خصوصیات حسی پنیر گردید. همچنین مشخص گردید که از بین سویه های پروبیوتیک، سویه LC در مدت زمان مطلوب نگهداری (بین ۷ تا ١٤ روز) بهترین پروفایل طعمی را ارائه نمود.

کلید واژگان: پنیر کوارک، پروبیوتیک، بافت، خواص حسی، رئولوژی

* مسئول مکاتبات: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

۱- مقدمه

بافت اولین ویژگی کیفی پنیرها است. در واقع ظاهر و احساس دهانی پنیرها قبل از طعم و عطر آنها مورد درک و احساس قرار می‌گیرد. بافت بسیاری از پنیرها بعد از تولید تقریبا به طور دائم تغییر می‌کند که از فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک باقیمانده در آن-ها ناشی می‌شود [۱]. گزارش شده که مهمترین جزء سازنده ساختمان پنیر، شبکه کازئینی آن است که در آن گلبول‌های چربی به دام افتاده‌اند، آب یا سرم به کازئین‌ها متصل شده‌اند و خلل و فرج شبکه را پر می‌کنند. این ساختار شبکه‌ای با مقدار نسبی پروتئین، چربی و آب و همچنین با فعالیت های بیوشیمیایی که تقریبا به طور مداوم در طول نگهداری رخ می‌دهند به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد. تغییرات فیزیکی و شیمیایی که در طول رسیدن اتفاق می‌افتد، باعث می‌شود پنیر تازه تهیه شده سفتی و بافت خود را از دست بدهد [۲].

لذا ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی پنیر به منظور تعیین خصوصیات بافتی و ساختاری پنیر و نیز برای مشاهده این که چطور این پارامترها توسط ترکیب، روش فرآوری و شرایط نگه داری تحت تأثیر قرار می‌گیرند، مهم است. رفتار پنیری که در معرض نیرو قرار می‌گیرد به وسیله اصطلاحاتی مانند سختی، قابلیت ارتجاع، تردی و چسبندگی توصیف می‌شود. خواص رئولوژیکی پنیر از نظر تولیدکننده و مصرف‌کننده حائز اهمیت است. رئولوژی پنیر تابعی از ترکیبات آن، حالت فیزیکوشیمیایی ترکیبات آن و ذرات دلمه می‌باشد. خواص فیزیکوشیمیایی شامل پارامترهایی مانند میزان توده‌ای شدن چربی، نسبت چربی به روغن، میزان هیدرولیز و قابلیت جذب آب پاراکازئین و میزان جاذبه بین مولکول‌های پاراکازئین می‌باشد. خصوصیات رئولوژیکی پنیر به طور قابل ملاحظه‌ای با نوع و سن پنیر تغییر می‌کند. پنیری که به نیروی زیاد برای تغییر شکل نیاز دارد به عنوان پنیر سفت تعریف می‌گردد. خاصیت ویسکوالاستیک پنیر از اثرات متقابل ویژگی‌های رئولوژیکی ترکیبات تشکیل دهنده آن یعنی پروتئین، چربی و رطوبت ناشی می‌شود [۳،۴].

آزمون روزن‌رانی کاربردهای فراوانی در ارزیابی‌های رئولوژیکی بسیاری از مواد از جمله مواد غذایی دارد. این آزمون به‌ویژه در مورد مواد نیمه جامد یا مایعات ویسکوز که در آنها خواص رئولوژیکی جریان ماده را تحت تأثیر قرار می‌دهد، دارد. آزمون روزن‌رانی معکوس به دلیل راحت بودن توسط پژوهشگران مختلفی برای ارزیابی بافت مواد غذایی و سیالات تیکسوتروپیک مورد استفاده قرار گرفته است [۵]. آزمون روزن‌رانی به دو دسته روزن‌رانی مستقیم[1] و روزن‌رانی معکوس[2] تقسیم می‌شود. در نوع مستقیم، ماده غذایی در داخل ظرف محدود که از کف آن دارای سوراخ یا شکافی با قطر معین است، قرار گرفته و فشرده می‌شود تا ماده غذایی از سوراخ یا شکاف موجود عبور کند. مقاومت غذا در برابر عبور از این سوراخ اندازه گیری می‌شود. اندازه سوراخ بستگی به خواص ماده غذایی و خواص مورد نظر بافتی مورد اندازه‌گیری دارد. در آزمون روزن‌رانی معکوس ماده غذایی در یک ظرف استوانه‌ای با قطر مشخص قرارگرفته و توسط پروب یا پیستونی که قطر آن از قطر داخلی ظرف استوانه‌ای کمتر است، فشرده می‌شود. در نتیجه ماده غذایی در جهت عکس نیروی وارده بین فضای پیستون و ظرف استوانه‌ای جابجا شده و باعث ایجاد منحنی تغییر شکل می‌گردد [۶].

با توجه به اینکه پنیر کوارک جزو پنیرهای نرم با رطوب زیاد است استفاده از آزمون فشاری به دلیل تغییر شکل و بافت نمونه حین آزمون، مشکل تهیه برش‌های یکسان برای همه تیمارها و لذا عدم تکرار پذیر بودن آزمون بافت، بسیار دشوار و توأم با خطای آزمایشی زیادی است. آزمون روزن رانی معکوس در ارزیابی بافت مواد غذایی پتاسیل کاربردی زیادی دارد. چراکه این آزمون ساده، سریع و کم هزینه بوده و معمولا برای مواد غذایی نرم مانند خمیرها و مایعات ویسکوز و نمونه‌های نیمه جامد که در داخل ظروف خود مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، مناسب است [۷]. در بین محصولات لبنی مانند ماست، خامه و پنیرهای نرم، این آزمون برای کمی سازی ویژگی‌های قاشق برداری، پهن شدگی و خصوصیات جریانی محصول مناسب است. یکی از ویژگی‌های این آزمون آن است که اجازه می‌دهد ماده غذایی بدون دستکاری در بافت آن، در داخل ظرف خود مورد ارزیابی قرار گیرد. مزیت این روش آن است که مشکل تغییر ناخواسته در بافت محصول ناشی از تهیه نمونه را مرتفع می‌سازد و اجازه ارزیابی کاملا تکرار پذیر از نمونه‌های متعدد را فراهم می‌سازد. این آزمون برای ارزیابی خصوصیات مکانیکی بسیاری از محصولات مانند ماست قالبی و هم‌زده، خامه زده شده، کنسانتره آب پنیر اکسترود شده، پنیر ریکوتا، پنیر کاتیج، حبوبات پخته شده کنسروی، سس‌ها، پوره سیب زمینی، شکلات آب شده، هیدروکلوئیدهای غذایی و

1. Forward extrusion
2. Back extrusion

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

نشاسته غلات توسط پژوهشگران مختلف مورد استفاده قرار گرفته است [۳، ۵ و ۸].

پنیر کوارک نوعی پنیر تازه با منشأ اروپای مرکزی است که از انعقاد اسیدی شیر توسط کالچرهای باکتریایی مناسب (*استرپتوکوکوس کرموریس و لئوکنوستوک سیتروروم*) با افزودن کمی رنت (جهت جداسازی بهتر کوآگولههای پروتئینی از آب پنیر و به تبع آن افزایش راندمان) تولید میشود. پنیر کوارک حاوی ۶۰ تا ۸۰ درصد رطوبت، ماده خشک آن حاوی ۱ تا ۴۰ درصد چربی بوده و قسمت اعظم باقیمانده ماده خشک حاوی پروتئین (که ۸۰ درصد آن را کازئین تشکیل می دهد)، کلسیم و فسفات است [۹]. در مقایسه با اکثر پنیرهای رسیده، کوارک دارای مادهی خشک کمتری است به دلیل این که بیشتر کلسیم آن در طول انعقاد اسیدی محلول شده و با آب پنیر حذف میشود [۱۰].

پنیر به علت داشتن ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی خاص در مقایسه با سایر محصولات لبنی تخمیر شده مانند ماست، از جمله pH بالاتر و اسیدیته قابل تیتر کمتر، ظرفیت بافری بالاتر، محتوای چربی بیشتر، مواد مغذی بالاتر و بافت متراکمتر، پتانسیل خوبی برای انتقال میکروارگانیسمهای پروبیوتیک در روده انسان دارد. پنیر همچنین ظرفیت بافری بالاتری نسبت به ماست داشته که حالت بافری در مقابل محیط بسیار اسیدی دستگاه گوارش ایجاد کرده و بنابراین محیط مناسبی برای بقای پروبیوتیکها در طول عبور از دستگاه گوارش مهیا میسازد. علاوه بر این ماتریکس متراکم و محتوای چربی نسبتا بالای پنیر در طول مصرف آن باعث محافظت میکروارگانیسمهای پروبیوتیک در طول مسیر گوارش میشود [۱۱، ۱۲]. مجموعه این عوامل باعث افزایش پایداری و بقای پروبیوتیکها در پنیر میشوند. فراورده-های لبنی مانند پنیر امروزه بهعنوان بستری مناسب برای انتقال باکتریهای پروبیوتیکی مفید برای سلامت انسان مورد توجه پژوهشگران قرار گرفتهاند [۱۳]. برخی از لاکتوباسیل ها از جمله لاکتوباسیلهای تولید کننده اگزوپلی ساکارید در صنعت غذا نیز به عنوان قوام دهنده، ویسکوز کننده، پایدار کننده، امولسیون کننده یا بافت دهنده به کار میروند [۱۴].

با توجه به مزایای پنیر کوارک نسبت به سایر محصولات لبنی تخمیری و سایر پنیرهای سنتی در حفظ و انتقال پروبیوتیکها به بدن انسان در این پژوهش پنیر کوارک به عنوان محصول لبنی جهت افزودن باکتریهای پروبیوتیکی انتخاب شد. طبق اطلاعات موجود ما، تاکنون پژوهشی در زمینه بررسی بافت دستگاهی پنیر کوارک پروبیوتیک گزارش نشده است. لذا هدف از این مطالعه ارزیابی خواص بافتی و حسی پنیر کوارک پروبیوتیک در طول دوره نگهداری متأثر از افزودن نوع سویه میکروبی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس کازئی* است.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مراحل تولید پنیر کوارک

شیر پسچرخ پاستوریزه (با چربی ۰/۲ درصد، پروتئین ۳/۱ درصد، ماده خشک بدون چربی ۸/۵ درصد، اسیدیته ۱۴/۰ درجه دورنیک و pH ۶/۸۱) در دمای خنک از کارخانه لبنیات بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و در ظرف استیل همزمان با هم زدن مداوم روی هیتر مگنتدار تا دمای ۳۷ الی ۴۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. استارتر کالچر پنیر با نام تجاری CHOOZIT MA 11 LYO 125 DCU تهیه شده از شرکت دانیسکو (فرانسه) به مقدار ۲۲/۸۶ میلی گرم برای هر کیلوگرم شیر در دمای فوق به آن اضافه گردید. حدود ۱۲۰ دقیقه بعد از افزودن استارتر (تا رسیدن pH شیر به ۶/۳) مایه پنیر یا رنت با نام تجاری CHY-MAX Powder Extra NB تهیه شده از شرکت پیشگامان پخش صدیق (تهران) به آن اضافه و بخوبی مخلوط شد. برای این منظور مقدار وزنی ۰/۱ گرم رنت پودری در ۱۲۵ میلی لیتر آب مقطر همگن شده و از سوسپانسیون حاصل ۱/۵ میلی لیتر به ازاء هر کیلوگرم شیر افزوده شد. شیر مایه زنی شده در ظروف استیل بدون تکان دادن به مدت ۱۴ تا ۱۶ ساعت در دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن pH به ۴/۶ انکوبه شد. در پایان این مرحله دلمه بسته شده توسط چاقوی برش تیز برش داده شد و سپس دلمه پنیر از آب پنیر جداسازی گردید. برای این منظور قطعات برش داده شده دلمه در کیسههای پارچه ای مخصوص پنیر ریخته شده و در محیط آزمایشگاه به مدت ۴ ساعت آویزان شد تا آب پنیر آن خارج گردد. برای خروج کامل آب پنیر از دلمه آبگیری شده، دلمه در کیسه پارچه ای بمدت ۸ ساعت زیر پرس (استفاده از صفحات استیل و وزنه) قرار گرفته تا حداکثر خروج آب پنیر انجام شود. در مرحله بعد، دلمه پنیر از کیسه پارچهای خارج گردیده و در ظروف استیل با خامه لبنی (به مقدار ۲۰ ٪ وزنی- وزنی پنیر) و نمک (۲ ٪ وزنی- وزنی پنیر) بخوبی مخلوط گردید. با توجه به چربی خامه (۳۵ درصد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

وزنی/وزنی) با افزودن ۲۰ درصد خامه، درصد چربی کل قابل محاسبه در پنیر حدود ۷ درصد بود. پنیر کوارک حاصله در کیسه-های زیپ لاک بسته بندی شد و تا زمان آزمون‌های مربوطه در دمای یخچال نگهداری گردید.

تولید پنیر کوارک پروبیوتیک همانند مراحل فوق انجام شد با این تفاوت که به همراه استارتر کالچر تجاری، سویه‌های پروبیوتیک *Lactobacillus acidophilus* (FD-DVS nu-trish LA-5) و *Lactobacillus casei* (FD-DVS nu-trish L.casei-431) ساخت شرکت CHR Hansen تهیه شده از شرکت پیشگامان پخش صدیق (تهران) در مرحله افزودن استارتر اضافه شد. طبق بروشور شرکت سازنده، مقدار باکتری-های پروبیوتیک ۲۵ میلی‌گرم پودر لیوفلیزه میکروارگانیسم بازاء هر کیلوگرم شیر اضافه شد. هر سه نمونه پنیر کوارک کنترل (بدون سویه پروبیوتیک)، نمونه *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (LA) و *لاکتوباسیلوس کازئی* (LC) در یک روز تحت شرایط کاملا یکسان تولید شده و ویژگی‌های حسی و بافتی آن‌ها در روزهای مختلف نگهداری ۱، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۲- آزمون‌های شیمیایی پنیر

اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، چربی، پروتئین و pH با روش‌های استاندارد ملی ایران به ترتیب به شماره‌های ۱۷۵۳، ۱۷۵۵، ۷٦۰، ۱-۹۱۸۸ و ۲۸۵۲ انجام شد [۱۵-۱۹].

۲-۳- ارزیابی بافت پنیر با آزمون فیزیکی (بافت سنجی)

در این مطالعه برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی و بافتی پنیر کوارک از آزمون روزن رانی معکوس با استفاده از ماشین آزمون عمومی (اینسترون) (مدل ۱۱٤۰، ساخت آمریکا) با پروب استوانه-ای استیل به قطر ۳۵ میلی‌متر متصل شده به کراس هد (پیشانی) دستگاه مجهز به لود سل ۵۰ الی ۵۰۰ نیوتنی با سرعت حرکت پیشانی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت حرکت چارت نسبت به پیشانی ۱ به ۲ انجام شد (شکل ۱A). برای این منظور از ظروف نمونه درپوش‌دار پلی پروپیلنی استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۷۰ میلی‌متر، با قطر دهانه بالایی ۵۰ میلی‌متر و قطر قاعده تحتانی ۳۸ میلی‌متر (شکل ۱B) استفاده شد. بعد از تولید نمونه‌های پنیر، ظروف نمونه مزبور دقیقا با ۲۰ گرم نمونه پنیر تحت فشار ملایم پر شد. برای همه نمونه‌ها از یک نوع روش و فشار پر کردن ثابت استفاده شد. برای پرکردن پنیر کوارک از یک پروب استوانه‌ای استیل با قطر ۳۵ میلی‌متر استفاده شد. به منظور تماس کامل پروب با نمونه پنیر در ابتدای انجام آزمون بافت، سطح نمونه‌های پنیر بعد در پایان پرکردن کاملا صاف شد. درپوش ظروف نمونه بسته شده و نمونه‌ها تا انجام آزمون بافت در روزهای نگهداری در دمای یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. لازم به توضیح اینکه همه ظروف حاوی پنیر کوارک تیمارهای آزمایشی در یک روز تهیه، پر و نگهداری گردید. نمونه‌های پنیر تا ارتفاع ٦ میلی‌متر از قاعده ظرف (برابر با ۱۱ میلی‌متر فشردگی عمودی در سطح مقطع ٤۰ میلی‌متر) فشرده شدند که این میزان فشردگی برابر با ٦۲/۵ درصد نسبت به ارتفاع اولیه نمونه بود. دستگاه قبل از انجام هر آزمون کالیبره گردید. برای هر نمونه، حداقل سه تکرار انجام شد. نمونه‌های پنیر در ظروف خود قبل از آزمون در یخچال نگهداری شده بودند که هر نمونه بعد از خروج از یخچال در دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد بلافاصله تحت آزمون بافت سنجی قرار گرفت.

۲-٤- پارامترهای مورد اندازه گیری آزمون روزن رانی معکوس

* سختی بافت[1]: برابر با حداکثر تنش (σ_{max}) لازم برای روزن-رانی معکوس پنیر کوارک تا انجام فشردگی به میزان ٦۲/۵ درصد ارتفاع اولیه. پارامتر «سختی» در آزمون روزن‌رانی معکوس معیاری از انرژی لازم برای جویدن نمونه پنیر تا حالتی که برای بلع آماده شود، تعریف شده است [۸] . σ_{max} برابر است با خارج قسمت ماگزیمم نیرو به سطح مقطع تماس پروب با نمونه پنیر:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A}$$

* قوام پنیر[2] یا انرژی لازم برای فشردن یا تغییر شکل دادن پنیر در آزمون روزن رانی معکوس: برابر با مساحت زیر منحنی تنش به کرنش (Stress/Strain) از زمان شروع آزمون تا رسیدن به نقطه σ_{max}

* مدول یانگ[3] برابر با شیب منحنی تنش به کرنش در ناحیه خطی. این پارامتر معیار سفتی[4] نمونه است.

1. Hardness
2. Consistency
3. Young's modulus
4. Firmness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

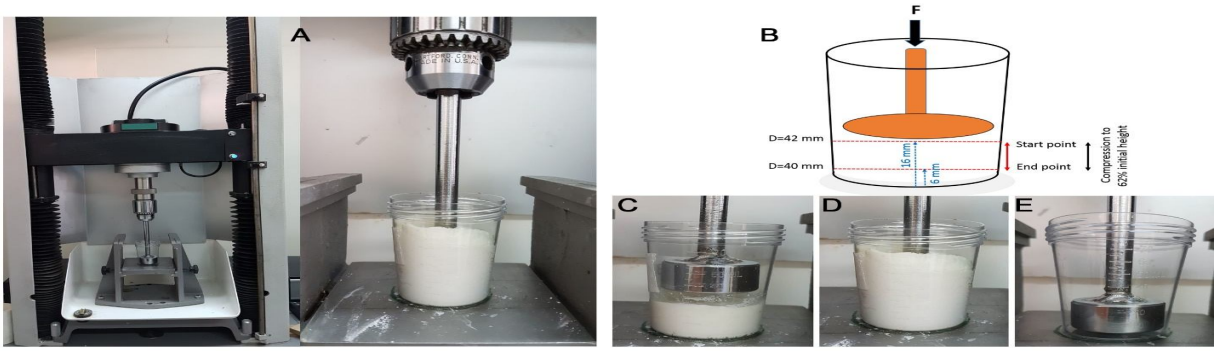


Fig 1 Universal testing machine (Instron) and its probe during back-extrusion test (A), Dimensions of sample cap (B) showing start and end points of the test corresponding to 10 mm (62.5 % of sample initial height) penetration of probe into the sample. Demonstrations of probe and sample before the test (C), during the test (D) and lower limit of probe with regards to the sample cap (E).

۲-۵- ارزیابی ویژگی‌های حسی پنیر کوارک

نمونه‌های پنیر کوارک از لحاظ خصوصیات حسی رنگ، ویژگی سطح پنیر، بافت پنیر، احساس دهانی و طعم و مزه پنیر با استفاده از پانل ارزیابی حسی آموزش دیده متشکل از دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری علوم و صنایع غذایی به روش محصول گرا برای تعیین شدت پذیرش ویژگی‌های حسی بر اساس ۵ سطح پذیرش به ترتیب ۱: خیلی ضعیف، ۲: ضعیف، ۳: متوسط، ٤: خوب و ٥: خیلی خوب انجام شد. نمونه فرم ارزیابی حسی در شکل ۲ آمده است. در فرم ارزیابی حسی، صفات مختلف با ضرایبی نشان داده شده‌اند که ضرایب بالا برای صفات مهم‌تر اختصاص یافته است. مجموع ضرایب عدد ۲۰ است. برای محاسبه نمره ارزیابی نهایی هر نمونه، مجموع امتیازات با احتساب ضریب آن بر عدد بیست (مجموع ضرایب) تقسیم گردید.

۲-٦- تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی تأثیر افزودن سویه‌های پروبیوتیک *لاکتو باسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتو باسیلوس کازئی* بر ویژگی‌های حسی و بافتی پنیرکوارک در زمان‌های مختلف نگهداری از طرح کاملا تصادفی (CRD[1]) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری $p<0.05$ با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی پنیر پروبیوتیک حاوی سویه‌های میکروبی مختلف در جدول ۱ آمده است. همانطور که از این جدول ملاحظه می‌شود باستثناء رطوبت (ماده خشک)، بین بقیه ویژگی-های پنیرهای مورد آزمون اختلاف معنی‌داری ($p<0.05$) مشاهده نشد. رطوبت پنیر کنترل نسبت به پنیرهای پروبیوتیک کمترین مقدار (٦٨/١ درصد) و رطوبت پنیر پروبیوتیک LC بیشترین مقدار (٧٠/١ درصد) را داشت. در این پنیر احتمالا به دلیل عملکرد بهتر باکتری *لاکتوباسیلوس کازئی* شبکه کازئینی منعقد شده در پنیر توانسته رطوبت بیشتری حفظ نماید. در چنین حالتی سینرسیس یا آب اندازی دلمه کمتر شده و راندمان تشکیل دلمه افزایش می‌یابد. احتمال وقوع واکنش‌های تجزیه‌ای پروتئین و چربی مانند پروتئولیز و لیپولیز در طول رسیدن پنیر در چنین حالتی می‌تواند با روند بهتری صورت گیرد. گزارش گردیده که در پنیر با رطوبت بالاتر پروتئولیز با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد [۲۰]. محتوای رطوبتی بالاتر دسترسی به آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک را افزایش داده و نتیجه آن تسریع پروتئولیز و لیپولیز می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که نوع باکتری پروبیوتیک می‌تواند خواص شیمیایی و به تبع آن احتمالا خواص عملکردی پنیر را در دوره رسیدن تحت تأثیر قرار دهد.

1. Completely Randomized Design (CRD)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

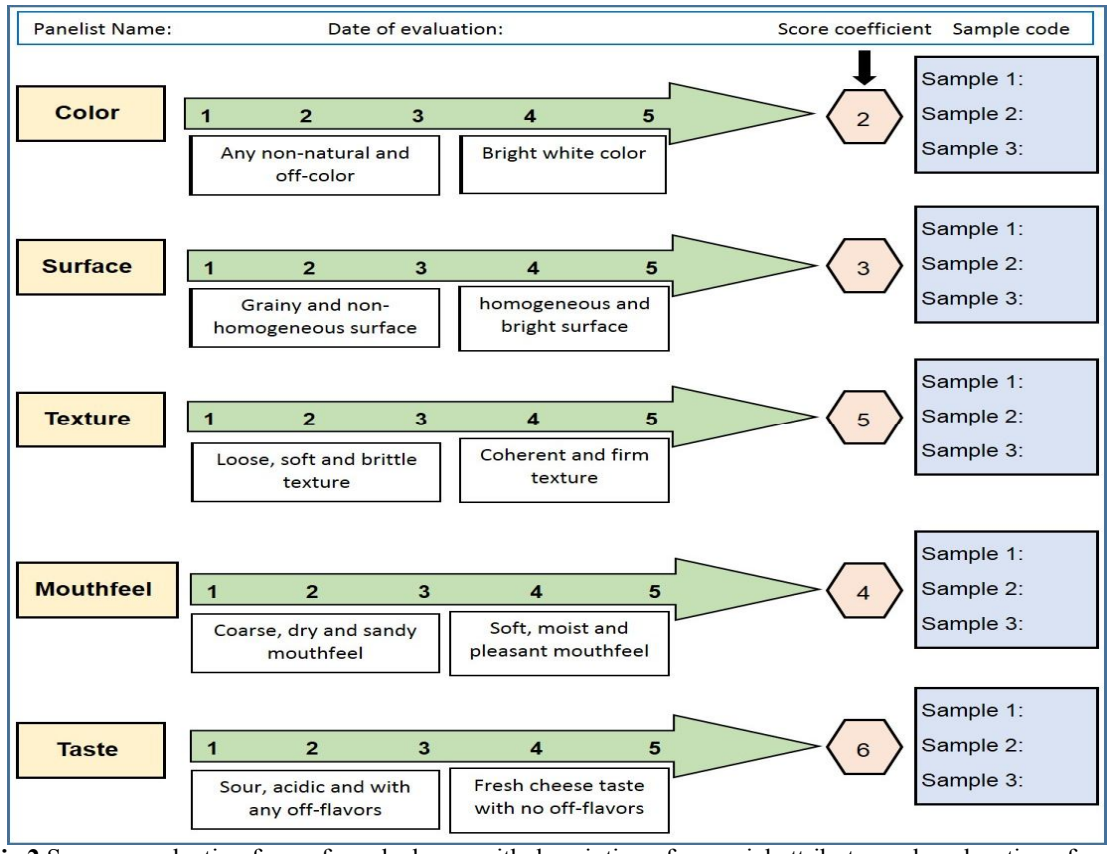


Fig 2 Sensory evaluation form of quark cheese with description of sensorial attributes and explanation of each attribute specifications and the relevant score coefficients

Table 1 Chemical composition of probiotic cheese (1st day) incorporating different microbial strains as compared to those of control sample

	Control cheese	Probiotic cheese incorporating *L. acidophilus*	Probiotic cheese incorporating *L. casei*
Moisture (%)	68.1±0.40 c	69.5±0.25 b	70.1±0.30 a
Dry matter (%)	31.9±0.40 a	30.5±0.30 b	29.9±0.30 c
Ash (%)	1.49±0.02 a	1.48±0.03 a	1.51±0.05 a
Protein (%)	10.80±0.45 a	10.85±0.32 a	10.35±0.21 a
Fat (%)	7.2±0.35 a	6.91±0.3 a	6.82±0.2 a
pH	4.58±0.04 a	4.54±0.02 a	4.52±0.03 a

Data mean of triplicate measurements ± SD, different letters in each row correspond to significant ($p<0.05$) differences between means.

۳-۱- تغییرات pH نمونه‌های پنیر

شکل ۳ تغییرات pH نمونه‌های پنیر کوارک پروبیوتیک نسبت به نمونه کنترل و نیز تغییرات pH هر تیمار در طول زمان نگهداری را نشان می‌دهد. در پنیر تازه تولید شده (روز اول) تفاوت معنی داری ($p<0.05$) بین pH نمونه‌ها وجود نداشت و pH پنیرها مشابه مقدار آن در دلمه تازه بسته شده (pH=4.6) بعد از مدت زمان انکوباسیون بود. البته در نمونه‌های پروبیوتیک حاوی هر دو سویه باکتریایی مقدار pH اندکی پایین تر (pH=4.52-4.54) از نمونه کنترل (pH=4.58) بود، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

در پنیرهای نگهداری شده در زمان‌های مختلف، بازاء افزایش زمان نگهداری تفاوت pH بین نمونه‌های پروبیوتیک افزایش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

یافت. در روز ۷ نگهداری pH نمونه LC نسبت به دو نمونه کنترل و LA به طور معنی دار کاهش یافت. این رویه در روز ۱٤ نگهداری هم مشاهده شد. در روزهای ۷ و ۱٤ بین نمونه کنترل و LA از لحاظ تغییرات pH تفاوت معنی‌داری نبود، اما نمونه LC به طور معنی‌داری pH پایین‌تری نسبت به دو نمونه دیگر داشت. در روز ۲۱ نگهداری به ترتیب نمونه‌های LC، LA و کنترل دارای کمترین pH بودند و این تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) بود. در همه نمونه های پنیر، بازاء زمان نگهداری pH به‌طور معنی-داری ($p<0.05$) کاهش یافت. البته نرخ این کاهش در نمونه LC بیشتر از LA و آن هم بیشتر از نمونه کنترل بود. در نمونه-های LA و کنترل در بین روزهای نگهداری ۱ تا ۷ کاهش معنی-داری در pH ملاحظه نشد اما در نمونه LC این کاهش وجود داشت. در بین سویه‌های پروبیوتیک، نمونه LC نسبت به LA توانایی تولید اسید بیشتری داشته و باعث کاهش بیشتر pH پنیر شد.

pH از عواملی است که تأثیر زیادی بر پایداری پنیر و شرایط رشد میکروارگانیسم‌ها، فعالیت آنزیمی و سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی در طی رسیدن پنیر دارد. کاهش pH طی دوره رسیدن بیشتر مربوط به تخمیر لاکتوز و تا حدودی در زمان‌های طولانی رسیدن پنیر های سنتی مربوط به تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر پروتئولیز و لیپولیز می‌باشد، اما عامل مهم در کاهش pH مربوط به تولید اسید لاکتیک است [۲۱]. کاهش سریع در مقدار pH طی مراحل اولیه در تهیه پنیر یک اصل ضروری برای تشکیل لخته و پیش‌گیری یا کاهش رشد میکروفلور نامطلوب در صنعت پنیرسازی است [۲۲]. در مطالعه خواص پنیر کوارک پروبیوتیک تلقیح شده با *بیفیدوباکتریوم* لانگوم گزارش شده که pH پنیر پروبیوتیک به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل پایین‌تر بود [۲۳]. همچنین نگهداری پنیر کوارک به مدت ۱۰ روز باعث کاهش pH نمونه‌های پنیر شد. در این گزارش علت کاهش pH تخمیر لاکتوز به اسید لاکتیک و اسیدهای چرب آزاد عنوان شد. همچنین این محققان گزارش کردند که مقادیر اسید لاکتیک و اسید استیک در پنیر کوارک پروبیوتیک نسبت به نمونه کنترل در پایان زمان نگهداری بیشتر بود. این افزایش هم راستا با کاهش مقدار لاکتوز نمونه‌های پنیر در طول زمان نگهداری بود [۲۳].

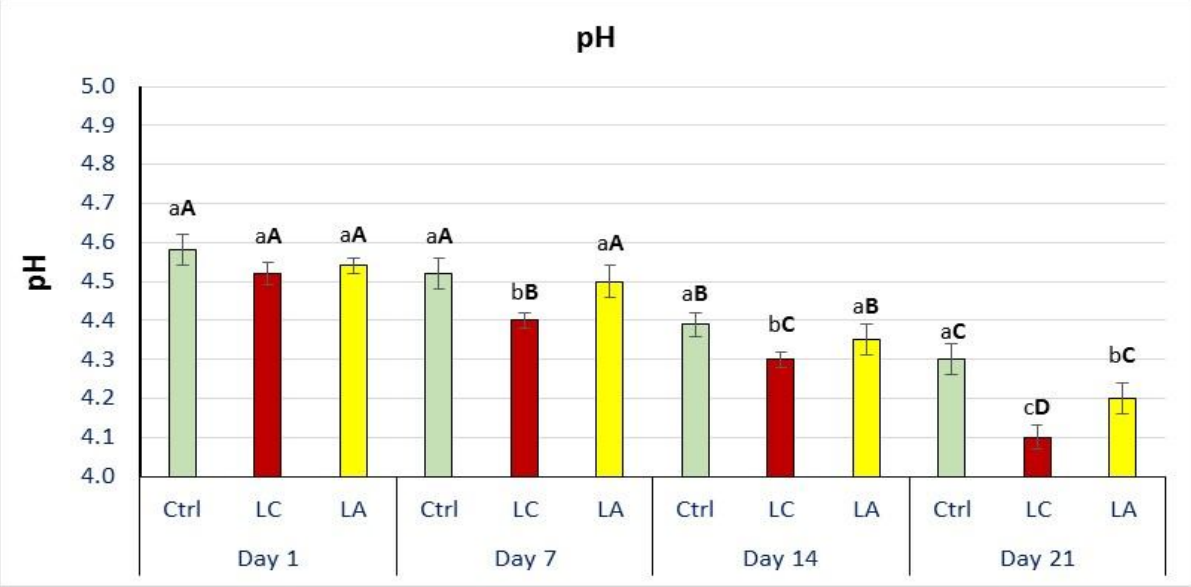


Fig 3 Variations of pH in control cheese (ctrl), probiotic cheese incorporating *L. casei* (LC) and probiotic cheese incorporating *L. acidophilus* (LA) during storage times. Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different small letters correspond to different samples at each time intervals, and different capital letters correspond to each sample at different storage days indicate significant ($p<0.05$) difference between means.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

۳-۲- نتایج تغییرات تنش ماگزیمم (معیار سختی بافت)

جدول ۲ تغییرات تنش ماگزیمم، مدول یانگ و انرژی نمونه‌های پنیر در مقایسه با یکدیگر (در یک زمان مشخص) و جدول ۳ تغییرات پارامترهای مزبور به ازاء زمان‌های مختلف نگهداری را نشان می‌دهد. پنیر کوارک پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی* (LC) در همه روزهای مورد آزمون بافت سخت‌تری نسبت به نمونه LA نشان داد. البته در روز ١٤ این تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) نبود. در روز اول آزمون بافت، نمونه LC نسبت به نمونه LA و آنهم نسبت به نمونه کنترل بافت سخت‌تری داشتند. احتمالا دلیل این امر مربوط به شرایط انعقاد پنیر و تشکیل لخته کازئینی در اثر انعقاد ناشی از تخمیر لاکتوز و تولید اسید لاکتیک متأثر از نوع سویه میکروبی می‌باشد.

همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود با گذشت زمان از روز یک تا ۷ نگهداری سختی بافت همه نمونه‌های پنیر به طور معنی-دار ($p<0.05$) و قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. این تغییر همراستا با کاهش pH و توسعه اسیدیته بود. بعد از روز ۷، سختی بافت مجددا کاهش یافته و به غیر از نمونه کنترل که نرم شدن بافت تا روز ۲۱ ادامه یافت، در دو نمونه LC و LA بین روزهای ١٤ و ۲۱ نگهداری تفاوت معنی‌داری از لحاظ سفتی بافت بین نمونه‌ها ملاحظه نشد.

صبحی سرابی [٢٤] گزارش کرد که بافت پنیر گوسفندی تلقیح شده با *لاکتوباسیلوس کازئی* به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) نسبت به نمونه *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و نمونه کنترل سفت‌تر بوده است. دلیل این امر خروج بیشتر پروتئین‌های محلول آب پنیر در نمونه کازئی نسبت به بقیه نمونه‌ها بیان شد که باعث سفت بسته شدن بافت پنیر گردیده است. بوریتی و همکاران [۲۵] در مطالعه بافتی (آزمون TPA) پنیر تازه برزیلی میناس تهیه شده از مخلوط سویه‌های پروبیوتیک (شامل *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* La-5، *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* Bb-12 و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*) به این نتیجه رسیدند که معیارهای سختی (hardness)، قابلیت جویدن (chewiness) و صمغی بودن (gumminess) نمونه حاوی مخلوط پروبیوتیک نسبت به نمونه کنترل در همه روزهای نگهداری (۱، ۷، ١٤ و ۲۱) به طور معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر بود. این محققین دلیل تغییرات بافتی را مربوط به تغییرات pH بین نمونه‌های پنیر دانستند. حداکثر آبگیری (هیدراسیون) کازئین در pH=5.2 رخ می‌دهد [۲۱]. هرچه pH از این حد رو به کاهش بگذارد آبگیری کازئین کمتر شده و به تبع آن بافت سفت تر می‌شود. در مطالعه بوریتی و همکاران [۲۵] نمونه‌های پنیر پروبیوتیک دارای pH پایین‌تری نسبت به نمونه کنترل بودند که این مترادف با بافت سفت‌تر با یکپارچگی بیشتر بود. در مطالعه ما نیز پنیر کوارک پروبیوتیک LC نسبت به بقیه نمونه‌ها pH پایین تر و اسیدیته بالاتری نشان داد که این امر می تواند بیان کننده تغییرات بافتی این نمونه نسبته به بقیه باشد.

Table 2 Variations of maximum stress (σ_{max}), Young's modulus and energy parameters in back-extrusion test for probiotic quark cheese samples compared to control at each storage interval.

		σ_{max} (kPa)		Young's modulus (kPa)		Energy (kPa)	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD
Day 1	Ctrl	118.18 b	4.76	58.96 b	0.56	46.89 b	0.58
	LC	147.62 a	6.00	78.22 a	4.50	61.62 a	5.22
	LA	83.74 c	7.00	51.90 c	1.58	31.22 c	2.43
Day 7	Ctrl	205.41 b	12.32	105.55 b	4.80	80.74 b	2.99
	LC	226.98 a	8.00	114.86 a	8.87	88.24 a	2.59
	LA	211.57 b	9.00	102.45 b	6.26	78.67 b	4.24
Day 14	Ctrl	176.65 a	2.05	94.44 a	6.89	76.40 a	3.21
	LC	165.97 b	8.00	90.66 a	6.80	70.00 b	5.20
	LA	150.00 b	9.93	84.50 b	7.30	69.20 b	5.20
Day 21	Ctrl	151.32 b	7.00	77.88 b	5.50	74.59 a	3.20
	LC	165.97 a	8.00	90.66 a	7.20	75.00 a	4.50
	LA	147.33 b	6.43	80.20 b	2.70	63.20 b	6.24

Data mean of triplicate measurements ± SD, different letters in each column for each storage interval correspond to significant ($p<0.05$) differences between means.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

Table 3 Variations of maximum stress (σ_{max}), Young's modulus and energy parameters in back-extrusion test for probiotic quark cheese samples compared to control at different storage times.

		σ_{max} (kPa)		Young's modulus (kPa)		Energy (kPa)	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD
Ctrl	Day 1	118.18 D	4.76	58.96 D	0.56	46.89 C	0.58
	Day 7	205.41 A	12.32	105.55 A	4.80	80.74 A	2.99
	Day 14	176.65 B	2.05	94.44 B	6.89	76.40 B	3.21
	Day 21	151.32 C	7.00	77.88 C	5.50	74.59 B	3.20
LC	Day 1	147.62 C	6.00	78.22 C	4.50	61.62 C	5.22
	Day 7	226.98 A	8.00	114.86 A	8.87	88.24 A	2.59
	Day 14	165.97 B	8.00	90.66 B	6.80	70.00 B	5.20
	Day 21	165.97 B	8.00	90.66 B	7.20	75.00 B	4.50
LA	Day 1	83.74 C	7.00	51.90 C	1.58	31.22 C	2.43
	Day 7	211.57 A	9.00	102.45 A	6.26	78.67 A	4.24
	Day 14	150.00 A	9.93	84.50 B	7.30	69.20 B	5.20
	Day 21	147.33 B	6.43	80.20 B	2.70	63.20 B	6.24

Data mean of triplicate measurements ± SD, different letters for each sample in each column for different storage times (1 to 21 days) correspond to significant ($p<0.05$) differences between means.

۳-۳- نتایج تغییرات مدول یانگ (معیار سفتی بافت)

مدول یانگ از روی شیب منحنی نیرو به تغییر شکل یا منحنی تنش به کرنش در ناحیه خطی محاسبه شد. این معیار در کنار تعیین ماگزیمم تنش در آزمون بافت می‌تواند به عنوان معیار تکمیلی سنجش ویژگی‌های بافتی نمونه باشد. بخصوص که چون شیب منحنی در ناحیه خطی (ابتدای آزمون بافت سنجی) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، این معیار می‌تواند اطلاعاتی از تغییرات بافتی در مراحل اولیه آزمون ارائه دهد. همانطور که از جدول ۲ ملاحظه می‌شود نمونه LC نسبت به نمونه LA و کنترل، سفتی بیشتری در همه روزهای نگهداری (باستثناء روز ۱٤) داشت. نتایج تعیین مدول یانگ نمونه‌های پنیر مشابه نتایج اندازه‌گیری تنش ماگزیمم است. در زمان‌های مختلف نگهداری نیز روند تغییرات مدول یانگ بین نمونه‌های پنیر همراستا با تغییرات تنش ماگزیمم بود (جدول ۳). با گذشت زمان از روز یک تا ۷ نگهداری مدول یانگ (سفتی) بافت همه نمونه‌های پنیر افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بعد از روز ۷، مدول یانگ مجددا کاهش یافته و به غیر از نمونه کنترل که نرم شدن بافت تا روز ۲۱ ادامه یافته، در دو نمونه LC و LA بین روزهای ۱٤ و ۲۱ نگهداری تفاوت معنی‌داری بین بافت نمونه‌ها ملاحظه نشد.

۳-٤- نتایج تغییرات انرژی (معیار قوام بافت)

برای ارزیابی جامع تر منحنی‌های بافت سنجی حاصله از دستگاه اینستران، مساحت زیر منحنی تنش به کرنش (Stress/Strain) از زمان شروع آزمون تا رسیدن به نقطه σ_{max} در هر تیمار محاسبه گردید. مساحت زیر منحنی در آزمون روزن‌رانی معکوس بیانگر قوام پنیر (Consistency) یا انرژی لازم برای فشردن (تغییر شکل دادن) پنیر است. جداول ۲ و ۳ نتایج ارزیابی قوام پنیر کوارک به تفکیک تغییرات بین نمونه‌ها در هر زمان نگهداری و نیز تغییرات در هر نمونه بازاء زمان نگهداری را نشان می‌دهد. روند تغییرات انرژی کم و بیش مشابه روند تغییرات تنش ماگزیمم و مدول یانگ بود به غیر از روز ۱٤ در بقیه زمان‌ها نمونه LC قوام بافتی بالاتری نسبت به بقیه نمونه‌ها نشان داد. همانطور که قبلا نیز توضیح داده شد دلیل سفتی و قوام بیشتر بافت نمونه LC به تغییرات pH این نمونه پنیر نسبت به بقیه نمونه‌ها بر می‌گردد. پنیر کوارک پروبیوتیک LC نسبت به بقیه نمونه‌ها pH پایین تر و اسیدیته بالاتری نشان داد که این امر می تواند بیان کننده تغییرات بافتی این نمونه نسبت به بقیه باشد. در جدول ۳ نیز تغییرات قوام سه نمونه پنیر بازاء روزهای نگهداری از ۱ تا ۲۱ روز را نشان می‌دهد. همانند نتایج مربوط به تنش ماگزیمم و مدول یانگ، با گذشت زمان از روز یک تا ۷ نگهداری قوام (انرژی) بافت همه نمونه‌های پنیر افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بعد از روز ۷، قوام مجددا کاهش یافته و به غیر از نمونه کنترل که نرم شدن بافت تا روز ۲۱ ادامه یافته، در دو نمونه LC و LA بین روزهای ۱٤ و ۲۱ نگهداری تفاوت معنی‌داری بین قوام بافتی نمونه‌ها ملاحظه نشد.

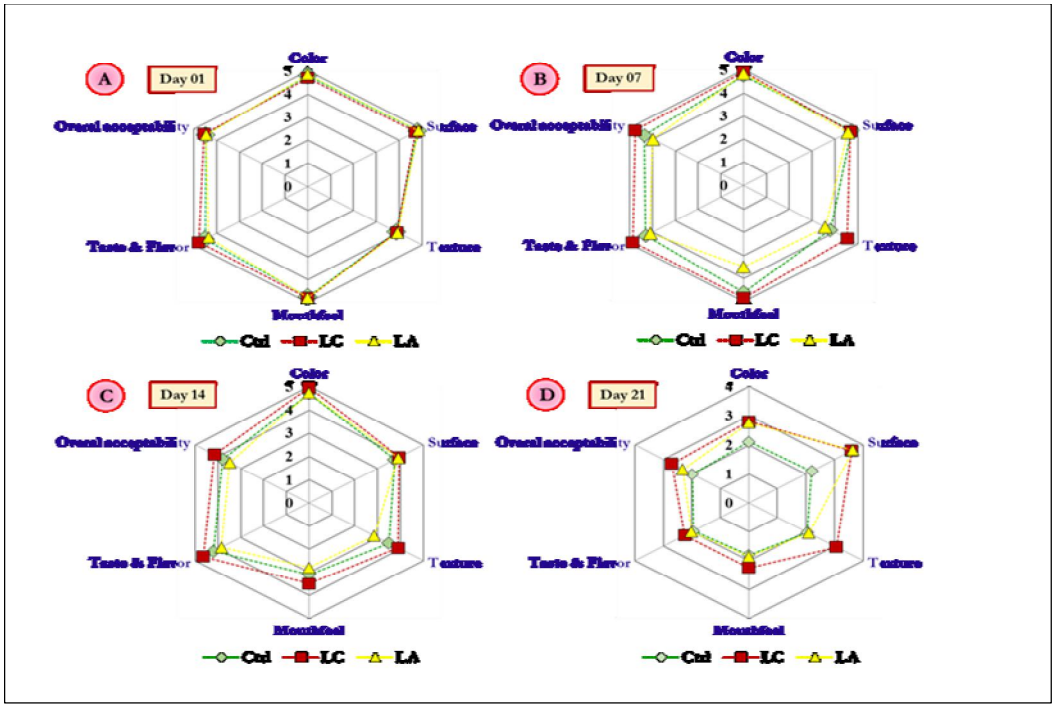
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

۳-۵- نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی پنیر کوارک

مقایسه ویژگی‌های حسی نمونه‌های پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی* (LC) و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (LA) و نمونه کنترل (Ctrl) در زمان‌های نگهداری یک هفته‌ای در شکل ٤ (A تا D) آمده است. همانطور که از شکل ٤ A ملاحظه می‌شود، در روز اول بین نمونه‌های پنیر از لحاظ کلیه ویژگی‌های حسی تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) نبود. با افزایش زمان نگهداری، در روزهای ۷، ١٤ و ٢١، به غیر از ویژگی‌های رنگ و سطح پنیر، در بقیه ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌دار حاصل شد، طوری‌که نمونه LC در اکثر پارامترهای حسی نسبت به نمونه LA و کنترل امتیازات حسی بالاتری کسب کرد.

در روزهای ۷ و ١٤ بین امتیاز حسی نمونه‌های پنیر تفاوت‌هایی ایجاد شد، طوری‌که به‌غیر از شاخصه‌های رنگ و سطح پنیر، از لحاظ بقیه پارامترها، بیشترین امتیازهای حسی به نمونه حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی* (LC)، سپس کنترل و در نهایت به پنیر کوارک پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (LA) اختصاص یافت. اما در روز ٢١ نگهداری، کمترین امتیازهای حسی کلیه پارامترها به نمونه کنترل اختصاص یافت. نمونه کنترل در روز ٢١ نسبت به پنیرهای پروبیوتیک دچار کپک زدگی مشهودی شد که نتیجه منفی در ارزیابی حسی روی ارزیاب‌ها داشت.

مک سوینی و فاکس [٢٦] گزارش کردند که افزودن استارترهای الحاقی در پنیر چدار باعث بهبود خصوصیات طعمی این پنیرها نسبت به نمونه‌های بدون استارتر گردید. سویه‌های میکروبی افزوده شده به استارتر پنیر تجارتی ضمن تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمایی پنیر، بالطبع روی خصوصیات طعمی نیز اثر مشهودی دارند. آتاسوی و تورک اوغلو [٢٧] نیز گزارش کردند که افزودن استارترهای حاوی لاکتوباسیل‌ها به پنیر سفید ترکیه‌ای باعث بهبود ویژگی‌های حسی و طعمی این پنیر گردید. صبحی سرابی [٢٤] نیز گزارش کرد که پنیر گوسفندی تلقیح شده با سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس کازئی* به ترتیب بیشترین امتیازهای حسی و نمونه کنترل (بدون افزودن سویه پروبیوتیک) کمترین امتیاز حسی را به خود اختصاص داد. این محقق دلایل پایین بودن امتیاز حسی نمونه کنترل نسبت به نمونه‌های پروبیوتیک را عدم پاستوریزاسیون شیر نمونه کنترل و رشد کپک و مخمر، وجود طعم خارجی و حیوانی و نیز بافت سفت به دلیل ماده خشک بالا عنوان کرد. فعالیت بیشتر باکتری-های پروبیوتیک در طول زمان رسیدن پنیر گوسفندی مسئول توسعه عطر و طعم مطلوب در این پنیرها بود.



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

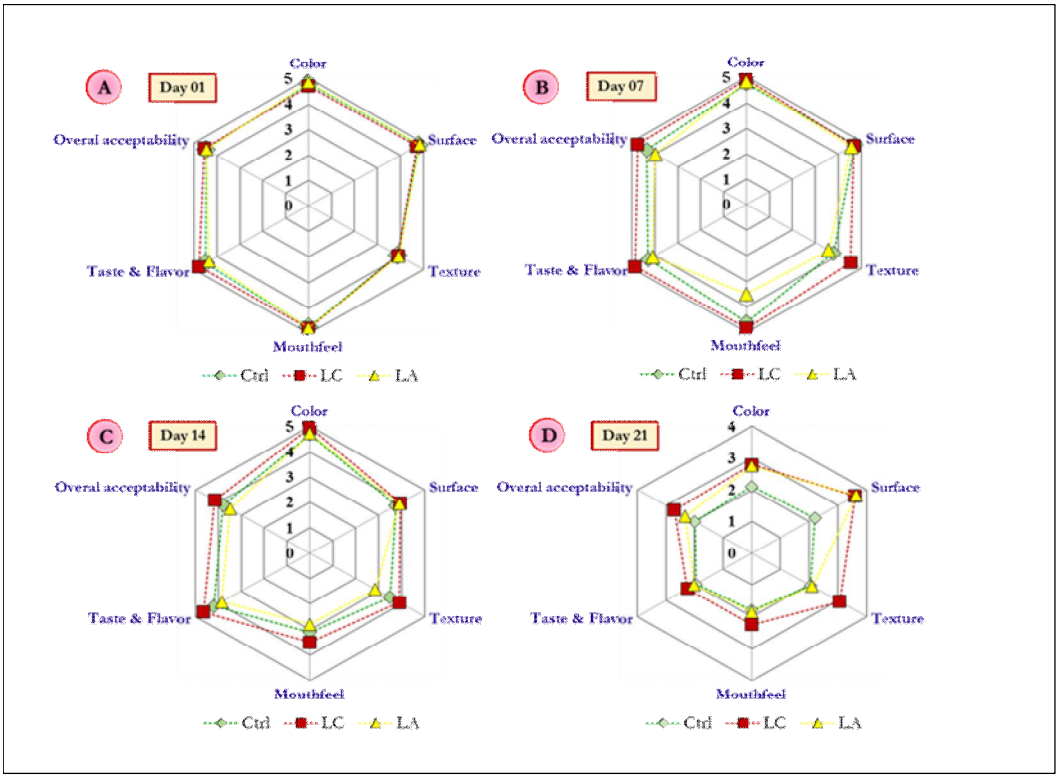


Fig 4 Variations of sensory scores for probiotic quark cheese samples (LC and LA) compared to control (Ctrl) during weekly intervals: days 1-21 (Figs. A-D). Data are mean of 10 panelists scores (n=10).

حصاری و همکاران [۲۸] و سینگ و وانگانا [۲۹] نیز در مطالعات خود به این نکته اشاره کرده‌اند که پروفایل طعمی پنیر-های کنترل با نمونه‌های تلقیح شده با سویه‌های میکروبی پروبیوتیک کاملا از هم متفاوت بود. سونگ و همکاران [۲۳] در مطالعه خواص حسی پنیر کوارک پروبیوتیک تلقیح شده با *بیفیدوباکتریوم لانگوم* گزارش کردند که امتیاز ویژگی پذیرش کلی پنیر کوارک پروبیوتیک نسبت به نمونه کنترل (بدون سویه میکروبی) به‌طور معنی داری بیشتر بود. همچنین بازاء ۱۰ روز زمان نگهداری در هر دو نمونه کنترل و پروبیوتیک امتیاز حسی پذیرش کلی کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت.

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر بازاء زمان‌های مختلف نگهداری در شکل ۵ آمده است. با افزایش زمان نگهداری، بغیر از ویژگی‌های رنگ و سطح پنیر، امتیازهای بقیه شاخصه‌های حسی کاهش قابل ملاحظه‌ای یافتند. بخصوص در بازه زمانی ۱۴ تا ۲۱ روز در همه نمونه‌های پنیر شدیدترین کاهش در خصوصیات حسی رخ داد. با توجه به نتایج این مطالعه معلوم گردید که بهترین زمان نگهداری پنیر کوارک پروبیوتیک تا ۱۴ روز بود که بیشتر از این زمان باعث افت خصوصیات حسی پنیر گردید. همچنین مشخص گردید که از بین سویه های پروبیوتیک، سویه *لاکتوباسیلوس کازئی* در مدت زمان مطلوب نگهداری (بین ۷ تا ۱۴ روز) بهترین پروفایل طعمی و بالاترین امتیاز پذیرش کلی را کسب نمود. در روز ۷ و ۱۴ نگهداری، بعد از نمونه LC، نمونه کنترل امتیاز پذیرش کلی بالاتری کسب کرد و در مرحله آخر نمونه LA کمترین امتیاز را بخود اختصاص داد. با گذشت زمان امتیاز پذیرش کلی همه نمونه‌ها کاهش یافت و مقدار این کاهش از روز ۱۴ تا ۲۱ در مورد همه نمونه‌ها بسیار شدید بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

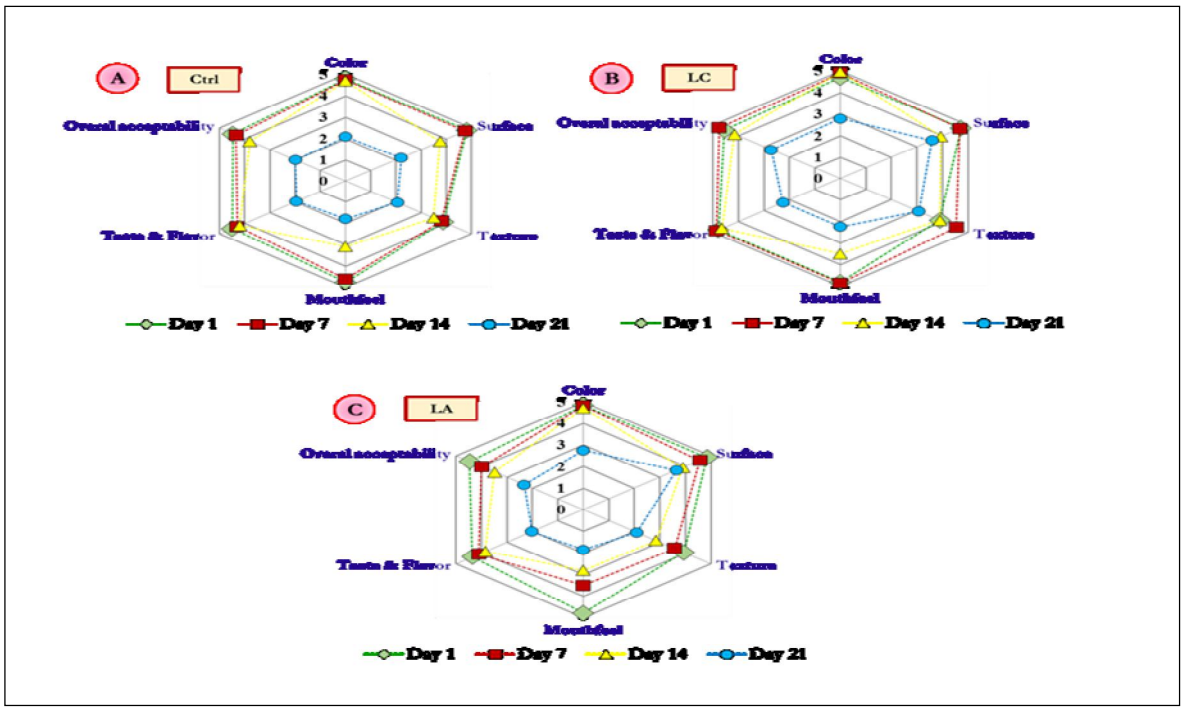


Fig 5 Variations of sensory scores for probiotic quark cheese samples (LC and LA) compared to control (Ctrl) (Figs A-C) at 1st, 7th, 14th and 21st days of storage. Data are mean of 10 panelists scores (n=10).

٤- نتیجه گیری

خصوصیات مورد آنالیز پنیر مانند پروتئین، چربی، خاکستر، کربوهیدرات کل، pH و اسیدیته (بر حسب اسید لاکتیک) در روز اول، بین نمونه‌های پروبیوتیک و کنترل تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) نداشتند. با گذشت زمان نگهداری pH پنیر کوارک پروبیوتیک LC نسبت به نمونه کنترل و پنیر LA به طور معنی-داری کاهش یافت. سویه LC کاهش pH بیشتری نسبت به LA داشت. نتایج ارزیابی دستگاهی بافت نمونه‌های پنیر نشان داد که پنیر LC در همه روزهای مورد آزمون بافت سفت‌تری (σ_{max} و مدول یانگ بالاتری) نسبت به نمونه LA نشان داد. با گذشت زمان از روز یک تا ۷ نگهداری سفتی بافت همه نمونه‌های پنیر به طور معنی‌داری افزایش یافت. این تغییر همراستا با کاهش pH و توسعه اسیدیته در نمونه های پنیر بود. بعد از آن، سفتی بافت مجددا کاهش یافته و به غیر از نمونه کنترل که نرم شدن بافت تا روز ۲۱ ادامه یافت، در دو نمونه LC و LA بین روزهای ١٤ و ۲۱ نگهداری تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد. در روز اول بین نمونه‌های پنیر از لحاظ کلیه ویژگی‌های حسی تفاوت معنی‌داری نبود. با افزایش زمان نگهداری، در روزهای ۷، ١٤ و ۲۱، به غیر از ویژگی‌های رنگ و سطح پنیر، در بقیه ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌دار حاصل شد، طوری‌که نمونه LC در اکثر پارامترهای حسی نسبت به نمونه LA و کنترل امتیازات حسی بالاتری کسب کرد. در روزهای ۷ و ١٤ بین امتیاز حسی نمونه-های پنیر تفاوت‌هایی ایجاد شد، طوری‌که به‌غیر از شاخصه‌های رنگ و سطح پنیر، از لحاظ بقیه پارامترها، بیشترین امتیازهای حسی به نمونه LC، سپس کنترل و در نهایت به نمونه LA اختصاص یافت. اما در روز ۲۱ نگهداری، کمترین امتیازهای حسی کلیه پارامترها به نمونه کنترل اختصاص یافت. بازاء افزایش زمان نگهداری در همه نمونه‌های پنیر امتیاز پذیرش کلی کاهش قابل توجهی نشان داد. با توجه به نتایج معلوم گردید که بهترین زمان نگهداری پنیر کوارک پروبیوتیک تا ١٤ روز بود که بیشتر از این زمان باعث افت خصوصیات حسی پنیر گردید. همچنین مشخص گردید که از بین سویه های پروبیوتیک، سویه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

لاکتوباسیلوس کازئی در مدت زمان مطلوب نگهداری بهترین پروفایل طعمی را ارائه نمود.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت و پرسنل محترم شرکت پگاه تبریز بخاطر همکاری‌های ارزنده در به ثمر رسیدن این پژوهش اعلام می‌دارند.

۶- منابع

[1] Fathollahi, I. (2008). Studying of softening in UF white cheese. M Sc. Thesis, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]

[2] Hort, J., and Le Grys, G. (2001). Developments in the textural and rheological properties of UK Cheddar cheese during ripening. International Dairy Journal, 11, 475-481.

[3] Cooper, H. R. & Watts T. A. (1981). Evaluations of textural characteristics produced in cottage cheese creamed with selected dressings. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 14(1), 29-35.

[4] Renner, E. (1993). Nutritional aspects of cheese. In: *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, (Vol. 1). (pp: 557-559.). London: Elsevier Academic Press.

[5] Ramaswamy, H. S., Singh, A. & Sharma, M. (2015). Back extrusion rheology for evaluating the transitional effects of high pressure processing of egg components. Journal of Texture Studies, 46, 34-35.

[6] Dolan, K. D., Steffe, J. F. & Morgan R. G. (1989). Back extrusion and simulation of viscosity development during starch gelatinization. Journal of Food Process Engineering, 11, 79–101.

[7] Hickson D. W., Dill C. W., Morgan R. G., Sweat V. E. Suter D. A. & Carpenter Z. L. (1982). Rheological properties of two heat-induced protein gels. Journal of Food Science, 47, 783–785.

[8] El-Zeini H. M. M., Abdel-Atti Ali A., Azab Awad, R., Abd El-Ghany Y. F. H. (2018). Texture evaluation of whey protein concentrate incorporated ice cream by back extrusion technique. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 3(1), 6-13.

[9] Kadiya, K. S., Kanawjia, S. K. & Solanki, A. K. (2014). Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of Quarg cheese. International Journal of Fermented Foods, 3(1), 61-76.

[10] Schulz, D., Senge, B. & Krenkel, K. (1999). Investigations into the combined enzymatic and lactic acid milk coagulation. Milchwissenschaft, 54, 363-367

[11] Bergamini, C. V., Hynes, E. R., Quiberoni, A., Suarez, V. B. & Zalazar C. A. (2005). Probiotic bacteria as adjunct starters: influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. Food Research International 38, 597–604.

[12] Gardiner, G., Ross, R. P., Wallace, J. M., Scanlan, F. P., Jagers, P. P.J. M., Fitzerald, G ,. Collins, J. K. & Stanton, C. (1999). Influence of a probiotic adjunct culture of *Enterococcus faecium* on the quality of Cheddar cheese. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4907-4916.

[13] Karimi, R., Sohrabvandi, S. & Mortazavian, A. M. (2012). Review Article: Sensory characteristics of probiotic cheese. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11, 437-452.

[14] Khodabakhsh, M., Tajabady Ebrahimi, M & Hashemi M. (2012). Production of exopolysaccharides from Lactobacilli isolated from Keshk of Lighvan area. Quarterly Journal of Applied Biotechnology and Microbiology, 1(1), 83-100. [In Persian]

[15] ISIRI. 2002. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Cheese and processed cheese- determination of total solids (Reference method).ISIRI number 1753.

[16] ISIRI. 1977. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Determination of the ash content of processed cheese. ISIRI number 1755.

[17] ISIRI. 1968. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Determination of cheese and processed cheese fat content (Reference method). ISIRI number 760.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

[18] ISIRI. 2015. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and dairy products: Determination of nitrogen content- Part 1: calculation of crude protein using Kjeldahl method. ISIRI number 9188-1.

[19] ISIRI. 2006. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and dairy products: Determination of fat acidity and pH. ISIRI number 2852.

[20] Zisu, B. & Shah, N. P. (2005). Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. International Dairy Journal, 15, 957–972.

[21] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M. & McSweeney, P. L. H. (2000). Fundamentals of cheese science. Gaithersburg: Aspen

[22] Sarantinopoulos, P., Andrighetto, C., Georgalaki, M. D., Rea, M. C., Lombardi, A., Cogan, T. M., Kalantzopoulos, G. & Tsakalidou, E. (2001). Biochemical properties of *enterococci* relevant to their technological performance. International Dairy Journal, 11, 621-647.

[23] Song, M., Park, W. S., Yoo, J., Han, G., Kim, B., Seong, P., Oh, M., Kim, K. & Jam, J. (2017). Characteristics of Kwark Cheese Supplemented with *Bifidobacterium longum* KACC 91563. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 37 (5), 773-779.

[24] Sobhi Sarabi, Y. (2012). Effects of *Lactobacillus casei* and *L. plantarum* strains isolated from traditional Lighvan cheese on pasteurized sheep's cheese. M Sc. Thesis, University of Tabriz, Tabriz, Iran. [In Persian]

[25] Buriti, F. C. A., Okazaki, T. Y., Alegro, J. H. A. & Saad S. M. I. (2007). Effect of a probiotic mixed culture on texture profile and sensory performance of Mina's fresh cheese in comparison with the traditional products. Archivos Latino Americanos De Nutricion 57(2), 179-185

[26] McSweeney, P. L. H. & Fox, P. F. (2004). Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, M. C. Timothy, & P. G. Timothy (Eds.) 3rd Ed.. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. (pp. 361-371). London: Elsevier Academic Press.

[27] Atasoy, A. F. & Turkoglu, H. (2008). Changes of composition and free fatty acid content of Urfa cheeses (a white-brined Turkish cheese) during ripening: Effect of heat treatments and starter cultures. Food Chemistry, 110, 598-604.

[28] Hesari, J., Ehsani, M. R., Khosroshahi, A. & McSweeney, P. L. H. (2006). Contribution of rennet and starter to proteolysis in Iranian UF white cheese. Lait, 86, 291-302.

[29] Singh, H. & Waungana, A. (2001). Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. International Dairy Journal, 11, 543–551.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]

Application of back extrusion in rheological evaluation of quark cheese: effect of probiotic strain type and storage time on sensorial and textural characteristics

Soltanzadeh, M. [1], Peighambardoust, S. H. [2*], Hesari, J. [2]

1. MSc graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz
2. Professor of Food Technology, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz

(Received: 2018/10/27 Accepted:2019/01/30)

Back extrusion testing was used to evaluate the rheological properties of probiotic quark cheese. Effect of probiotic strain type including *L.acidophilus* (LA) and *L.casei* (LC) was studied on sensory and textural characteristics of quark cheese upon storage time. Results showed that LC quark cheese had firmer and harder texture (higher σ_{max}, Young's modulus) compared to that of LA sample in all storage days. Increasing storage time to 7 days, led to a significant ($p<0.05$) increase in the firmness of all samples. After 7 days, the firmness and hardness decreased again. There was no significant difference between LC and LA samples in terms of firmness from 14 to 21 days of storage. Sensorial results showed that there was no significant difference in sensory attributes of all samples in day 1. By increasing storage time differences in sensory properties appeared and LC sample obtained higher sensory scores compared to LA cheese. For all samples increasing storage time led to significant decrease in all sensory properties except for surface color and appearance. Especially between 14 and 21 days interval the greatest decrease in sensory scores occurred. The results of this study revealed probiotic quark cheese can be kept unchanged in terms of sensory properties for 14 days. Quark cheese supplemented with *L.casei* provided better sensory and textural properties compared to those of *L.acidophilus*.

Keywords: Quark, Cheese, Probiotic, Texture, Sensory properties, Rheology

* Corresponding Author E-Mail Address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-13]