مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تاثیر اینولین و کلرید کلسیم بر ویسکوزیته و ویژگی‌های رنگی پنیر ریکوتا سین بیوتیک

مرجانه صداقتی*، ریحانه کاوند

۱-عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۶/۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلمات کلیدی:

اینولین،

پنیر،

ریکوتا،

شاخص رنگی،

ویسکوزیته.

DOI:10.22034/FSCT.22.162.185.

* مسئول مکاتبات:

marjanehsedaghati@yahoo.com

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تغییرات ویسکوزیته و خصوصیات رنگی پنیر ریکوتا سین بیوتیک با افزودن اینولین و نمک کلرید کلسیم در طول دوره نگهداری انجام شد. برای تولید پنیر ریکوتا سین بیوتیک از آب پنیر، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، اینولین و کلرید کلسیم استفاده شد. بدین منظور از اینولین در سه سطح ۰، ۱٪ و ۳٪ و نمک کلرور کلسیم در سه سطح ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر استفاده گردید. تغییرات ویسکوزیته و تغییرات رنگی (شاخص‌های رنگی L^*، b^* و a^*) و زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در طول دوره نگهداری بررسی شد. طبق نتایج افزودن اینولین و نمک کلرور کلسیم سبب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک شد ($p<۰/۰۵$). نمودار ویسکوزیته ظاهری-سرعت برشی مشخص کرد با افزایش سرعت برشی ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها کاهش یافت; بنابراین نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک جز مواد غذایی غیر نیوتنی هستند. در ارزیابی پارامترهای رئولوژیکی پنیر ریکوتا سین بیوتیک نمونه‌های پنیر همبستگی بالایی با مدل توان داشته و پنیر ریکوتا سین بیوتیک مورد استفاده رفتار سودوپلاستیک نشان دادند. تغییرات شاخص رنگی L^* را در پنیر ریکوتا سین بیوتیک نشان داد افزودن هیدروکلوئید اینولین به نمونه‌های پنیر شاخص رنگی L^* را به صورت معنی‌داری افزایش و حضور کلرور کلسیم شاخص رنگی L^* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک را به صورت معنی‌داری کاهش داد ($p<۰/۰۵$). همچنین، افزایش غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک با کاهش معنی‌دار شاخص رنگی b^* و a^* در نمونه‌های پنیر همراه بود ($p<۰/۰۵$). طبق نتایج حاصل افزودن هیدروکلوئید اینولین و نمک کلرور کلسیم سبب بهبود زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس شد($p<۰/۰۵$). با توجه به نتایج حاصل در نمونه پنیر ریکوتا سین بیوتیک حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L کلرور کلسیم ویسکوزیته بهبود یافته و خصوصیات رنگی نمونه مطلوب بود. ضمنا این نمونه بیشترین زنده‌مانی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس را در بین نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک دارا بود.

۱-مقدمه

غذاهای عملکردی حاوی یک یا تعدادی ترکیبات نظیر پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک ها هستند که توانایی ارتقا سلامتی مصرف کنندگان را از طریق مکانیسم‌های غیر تغذیه‌ای دارند. پروبیوتیک ها به عنوان میکروارگانیسم های زنده‌ای تعریف می‌شوند که وقتی به اندازه کافی مصرف شوند (۱۰۹ cfu/ml تا ۱۰۶) برای میزبان مفید هستند. میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک باید جز فلور میکروبی طبیعی روده انسان باشند، تعداد زیادی از آنها هنگام عبور از بخش‌های فوقانی دستگاه گوارش بقا پیدا کنند و اثرات مفیدی در روده داشته باشند [۱] . باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) معیارهای مشخصی باید داشته باشند تا به عنوان باکتری پروبیوتیک برای تولید پنیر پروبیوتیک انتخاب شوند. این باکتری‌ها باید منشا روده انسانی داشته، توانایی تحمل اسیدها و نمک‌های صفراوی داشته و سازگاری با فرآیندهای تکنولوژیکی تولید پنیر را داشته باشند[۳،۲] .

در تحقیقات پیشین مشخص شده است باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* خصوصیات پروبیوتیکی داشته و می‌تواند در حضور پری‌بیوتیک‌های مختلف رشد کند. پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات غذایی غیر قابل هضم هستند که محرک رشد یک یا تعدادی از باکتری‌های سلامتی بخش در روده بزرگ هستند. انواع مختلفی از کربوهیدرات‌ها نظیر اینولین، فروکتان، ترانس گالاکتوالیگوساکاریدها و لاکتولوز جز پری‌بیوتیک‌ها هستند. مواد غذایی سین بیوتیک حاوی باکتری‌های پروبیوتیک و پری بیوتیک‌ها هستند[۵،٤] .

پنیر ریکوتا نوعی پنیر تازه است که از اسیدی کردن و حرارت دهی آب پنیر حاصل از فرآیند پنیرسازی تولید می‌شود. پنیر ریکوتا نوعی پنیر با رطوبت بالاست و pH حدود ٦ دارد، بنابراین مدت ماندگاری محدودی داشته و نسبت به فساد میکروبی حساس می‌باشد. این نوع پنیر ساختاری فشرده، بافتی گرانولی، طعم محسوس و رنگ زرد مایل به سفید دارد. پنیر ریکوتا معروف‌ترین پنیر سنتی است که با حرارت دهی آب پنیر تولید می‌شود. ویسکوزیته پنیر ریکوتا به عنوان خصوصیت فیزیکی و بافتی پنیر و رنگ آن به عنوان جذابیت بصری تاثیر کلیدی در پذیرش محصول توسط مصرف‌کنندگان دارد [۷،٦] .

تولید پنیر ریکوتا با استفاده از ترکیبی از آب پنیر و شیر کامل در تحقیقات قبلی گزارش شده است [٦] . با این وجود در تحقیقات قبلی تغییرات ویسکوزیته و خصوصیات رنگی پنیر ریکوتا پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* گزارش نشده است. در گزارشی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر ریکوتا سین بیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس پاراکازئی* ارزیابی شده است [۸] . همچنین در تحقیقی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر ریکوتا پروبیوتیکی حاصل از شیر گاو میش بررسی شده است [۹] . اما تا کنون تحقیقی در زمینه تاثیر استفاده از اینولین و نمک کلرید کلسیم بر تغییرات ویسکوزیته و خصوصیات رنگی پنیر ریکوتا پروبیوتیک انجام نشده است لذا در مطالعه اخیر به این موضوع پرداخته خواهد شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-مواد مورد نیاز

این پژوهش در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران (آزمایشگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی) و شرکت پگاه تهران انجام شد. به منظور انجام این پژوهش، آب پنیر حاصل از شیر گاو (ماده جامد کل ٦.٨٢٪، چربی ٠.٤٪ و پروتئین ١.٠٣٪) از شرکت پگاه تهران تهیه شد. اینولین بلند زنجیر (درجه پلیمریزاسیون ۲۳-۲۵، درجه خلوص≤٪۹۹.۸) از شرکت بنئو (مانهایم، آلمان)، کلرید کلسیم و اسید سیتریک خوراکی از شرکت توژاوای (تهران، ایران) تهیه شد. *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (*LA-5*) لیوفیلیزه از شرکت کریستین هانسن (هورشلم، آلمان) خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی و محیط های کشت

میکروبی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک (آلمان) تهیه شد.

۲-۲-روش ها

۲-۲-۱- تست های تاییدی باکتری پروبیوتیک

به منظور اطمینان از خواص پروبیوتیکی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (*LA-5*) تهیه شده، مورفولوژی کلنی های رشد یافته بر محیط کشت MRS آگار حاوی سالیسین (۰.۵٪) به وسیله مشاهده میکروسکوپی بررسی و آزمون گرم بر روی نمونه ها انجام شد. بعلاوه آزمون مقاومت به اسید، مقاومت به حرارت، مقاومت به نمک های صفراوی، کاتالاز و تخمیر قند بر روی نمونه ها صورت پذیرفت [۱۰،۱۱].

۲-۲-۲- تولید پنیر ریکوتا سین بیوتیک

آب پنیر شیرین تولید شده از خط تولید پنیر سنتی جمع آوری، (w/v) ۰.۱٪ نمک و کلرید کلسیم (۰ mg/L، ۱۵۰ و ۳۰۰) به آن اضافه شد. مخلوط حاصل تا ۹۰ درجه سانتیگراد و با افزودن محلول اسید سیتریک (۰.۱۱ mg/L) در وت تهیه پنیر حرارت داده شد. در ادامه، پروتئین موجود در آب پنیر کوآگوله و دلمه پنیر ریکوتا تشکیل شده و با صافی پارچه‌ای از آب پنیر جداسازی شده و برای مدت ۳۰ دقیقه نگهداری گردید. سپس، با افزودن اینولین (۰٪ ، ۱٪ و ۳٪) و *LA-5* (10^7 cfu/g) پنیر ریکوتا در ۵۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه هموژنیزه (ویگنز، آلمان) گردید. در ادامه نمونه‌های پنیر ریکوتا در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۶۰ دقیقه در انکوباتور (ممرت، آلمان) گرمخانه‌گذاری و در شیشه های استریل درب دار در دمای ٤ درجه سانتیگراد به مدت ۵ روز در یخچال نگهداری شد [۸] .

۲-۲-۳- اندازه‌گیری ویسکوزیته با رئومتر

خصوصیات رئومتری نظیر ویسکوزیته نمونه‌های پنیر ریکوتا با بکارگیری رئومتر (MCR52، آنتون پار، آلمان) دارای توانایی کنترل تنش برشی اندازه‌گیری شد. ژئومتری رئومتر از نوع صفحه موازی بوده و فاصله بین رئومتر از صفحه زیر آن حدود ٤ میلی‌متر تنظیم و از نرم افزار وی ۳.۶۱ استفاده شد. ارزیابی ویسکوزیته نمونه های پنیر در روز ۵ نگهداری نمونه‌ها انجام شد. به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته به صورت تابعی از سرعت برشی و تعیین رفتار جریانی نمونه‌ها، سرعت برشی در محدوده ی s^{-1} ۰–۳۰۰ در دمای ٤ درجه سانتیگراد بکارگرفته شد. داده‌های حاصل از آزمون با مدل توان (معادله۱) برازش شدند تا مناسب‌ترین مدل برای توصیف رفتار جریان تعیین شود [۱۲] .

$$\tau = k\,\gamma^n \qquad \text{معادله(۱)}$$

۲-۲-٤-اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی

رنگ نمونه های پنیر ریکوتا با دستگاه رنگ سنج هانترلب (UltraScanvis، آمریکا) بررسی گردید. اساس رنگ سنجی در این سیستم سنجش شاخص های b* (شاخص زردی–آبی)، a* (شاخص قرمزی–سبزی) و L* (شاخص روشنایی) بود [۱۳،۱٤] .

۲-۲-۵-ارزیابی زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (*LA-5*)

برای شمارش باکتری های *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (*LA-5*) با استفاده از سرم فیزیولوژی از نمونه های پنیر ریکوتا (g ۱۰) سریال رقت (10^{-1}–10^{-10}) تهیه شده و نمونه ها با استفاده از روش پور پلیت، در محیط کشت MRS آگار حاوی سالیسین (۰.۵٪) کشت داده شدند. پلیت ها به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور CO_2 دار در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری و نتایج شمارش به صورت Log cfu/ml گزارش شدند [۱۵،۱۶] .

۲-۲-۶-تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تاثیر افزودن اینولین و نمک کلرور کلسیم بر اساس طرح فاکتوریل سه عاملی کاملا تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین ها به ترتیب با روش ANOVA و آزمون چند

دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ توسط نرم افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام شد و رسم نمودارها نیز با نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی ویسکوزیته در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک

نمودار ۱ تغییرات ویسکوزیته ظاهری را در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک در روز پنجم دوره نگهداری نشان می دهد. نتایج حاصل مشخص کرد با افزایش غلظت اینولین ویسکوزیته نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$). همچنین غنی‌سازی نمونه های پنیر ریکوتا با نمک کلرور کلسیم سبب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته نمونه‌های پنیر شد ($p<۰/۰۵$). نمونه پنیر ریکوتا سین بیوتیک حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L کلرور کلسیم بیشترین مقدار ویسکوزیته و نمونه شاهد کمترین میزان ویسکوزیته را به خود اختصاص داد. ویسکوزیته از مهم‌ترین خصوصیات بافتی پنیر ریکوتا است و ویسکوزیته مطلوب سبب افزایش خاصیت مالش‌پذیری پنیر شده و آن را برای خوردن مطلوب‌تر می‌سازد. طبق نتایج حاصل با افزایش غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم ویسکوزیته نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک افزایش معنی‌دار داشت. به نظر می‌رسد هنگامیکه نمک کلرور کلسیم به شیر مورد استفاده در تهیه پنیر اضافه می‌شود سبب تثبیت و تقویت ساختار ژلی پنیر می‌شود. وجود نمک کلرور کلسیم به تشکیل شبکه پروتئینی منسجم‌تر کمک کرده و با به دام انداختن آب و چربی بیشتر سبب افزایش ویسکوزیته پنیر می‌شوند [۱۷].

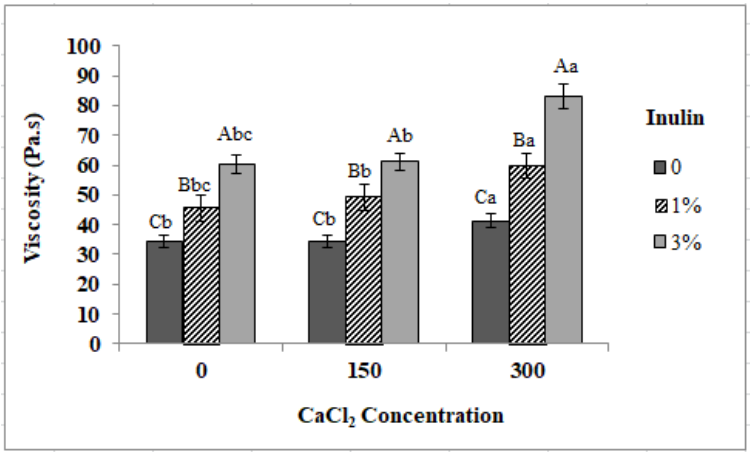

Fig 1. The effect of inulin and $CaCl_2$ on viscosity of synbiotic ricotta cheese during storage
[a]Means followed by different letters (a–d) show significant different ($p<0.05$) between treatments with same inulin concentration
[b]Means followed by different letters (A–D) show significant different ($p<0.05$) between treatments with same $CaCl_2$ concentration

در تحقیقی در زمینه تاثیر نمک های مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی پنیر گزارش شد نمک کلسیم بر ویسکوزیته و استحکام دلمه تاثیرگذار است و غلظت های بالاتر کلسیم منجر به خروج آب پنیر بیشتری از دلمه شده و ویسکوزیته و استحکام دلمه افزایش می‌یابد [۱۸]. در گزارشی در زمینه تاثیر نمک کلرور کلسیم بر کوآگولاسیوسیون پروتئین شیر و دلمه حاصل مشاهده شد با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم ویسکوزیته دلمه پنیر افزایش می‌یابد [۱۹].

۳-۲- ارزیابی ویسکوزیته ظاهری-سرعت برشی در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک

نمودار ۲ نمودار جریان نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک بوده و رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و سرعت برشی را در نمونه های پنیر نشان می‌دهد. طبق نمودار ویسکوزیته ظاهری کلیه نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک با افزایش سرعت برشی کاهش یافت; بنابراین نمونه‌های پنیر به عنوان مواد غذایی غیر نیوتنی در نظر گرفته می‌شوند. در سرعت‌های برشی پایین، تفاوت بین ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های تیمار و نمونه شاهد وابسته به غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم بود. نمونه‌های حاوی غلظت‌های بالاتر اینولین و نمک کلرور کلسیم تفاوت ویسکوزیته ظاهری بیشتری با نمونه شاهد نشان دادند. با این وجود، در سرعت‌های برشی بالاتفاوت بین ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های تیمار با نمونه شاهد کاهش یافت.

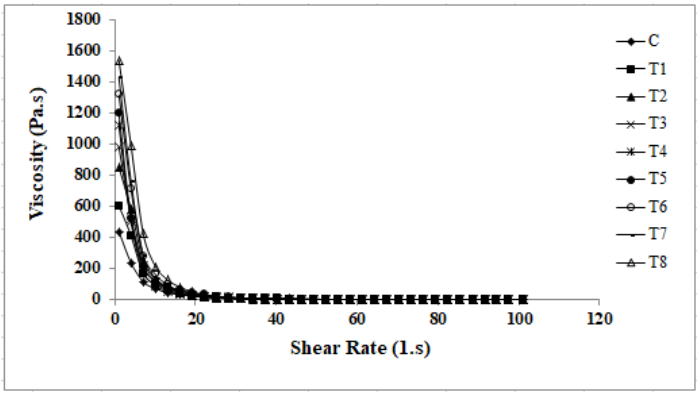

Fig 2. The flow curve of synbiotic ricotta cheese samples (C(0%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_1(0%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_2(0%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_3(1%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_4(1%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_5(1%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_6(3%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_7(3%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_8(3%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$))

طبق نتایج حاصل نمونه‌های پنیر شاهد و تیمار از نظر خصوصیات رئولوژیکی جز مواد غذایی غیر نیوتنی بوده و رفتار رقیق شونده با برش نشان می‌دهند. در مواد غذایی با رفتار رقیق شونده با برش، ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد. شدت ارتباط بین ویسکوزیته و سرعت برشی وابسته به غلظت ترکیبات تشکیل دهنده و دمای محصول است. علت رفتار رقیق شونده با برش در پنیر ریکوتا سین بیوتیک بازآرایی ذرات تشکیل دهنده مواد غذایی با افزایش سرعت برشی است که سبب مقاومت به جریان و کاهش ویسکوزیته می‌شود [۲۰]. در نمونه پنیر ریکوتا شاهد با اندیس جریان (n) کوچک، در سرعت‌های برشی پایین به دلیل کاهش اندازه ذرات تحت تاثیر نیروهای اعمال شده ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت. در نمونه‌های پنیر ریکوتا تیمار شده حاوی اینولین و نمک کلرور کلسیم به دلیل برهمکنش‌های الکتروستاتیک بین پروتئین‌های شیر و نمک کلرور کلسیم و اینولین اندیس جریان (n) بزرگتر، نسبت به سرعت‌های برشی پایین مقاوم‌تر بودند [۲۱]. در گزارشی در زمینه تاثیر هیدروکلوئیدها بر خصوصیات رئولوژیکی پنیر فرآوری شده، افزایش معنی دار ویسکوزیته نمونه‌های پنیر در حضور هیدروکلوئیدهای آگار، کاپا کاراگینان و ژلاتین گزارش شد [۲۲]. در تحقیقی در خصوص ویژگی‌های رئولوژیکی پنیر موزارلا رفتار رقیق شونده با برش با افزایش سرعت برشی مشاهده شد [۲۰].

۳-۳- ارزیابی مدل رئولوژیکی در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک

جدول ۱ پارامترهای رئولوژیکی حاصل از مدل توان نمونه‌های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک را در روز ۵

نگهداری نشان می‌دهد. طبق نتایج جدول کلیه نمونه‌ها در محدوده سرعت برشی مورد استفاده رفتار سودوپلاستیک از خود نشان دادند. برای ماده غذایی سودوپلاستیک، شاخص رفتار جریان نشاندهنده انحراف از رفتار نیوتنی ماده غذایی است و با دور شدن شاخص رفتار جریان از ۱ رفتار ماده از نیوتنی به رفتار غیر نیوتنی تغییر می‌یابد.

Table1. Parameters of Power law model of synbiotic ricotta cheese samples

$t= k(\gamma)^n$ Power law

Samples	Inulin	$CaCl_2$ (mg/L)	K(Pa.s)	N	R^2
C	0	0	2196	0.98	0.966
T_1	0	150	2330	0.95	0.984
T_2	0	300	2557	0.94	0.958
T_3	1%	0	3072	0.86	0.984
T_4	1%	150	3230	0.85	0.973
T_5	1%	300	3457	0.84	0.934
T_6	3%	0	3777	0.73	0.988
T_7	3%	150	4115	0.65	9.953
T_8	3%	300	4318	0.52	0.941

بیشترین میزان شاخص جریان مربوط به نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت کلرور کلسیم شاخص رفتار جریان کاهش یافت. همچنین افزایش غلظت اینولین نیز سبب کاهش شاخص جریان گردید و این کاهش شاخص رفتار جریان در نمونه های حاوی کلرور کلسیم و اینولین به بالاترین مقدار خود رسید که موید افزایش رفتار سودوپلاستیک نمونه‌های پنیر است. طبق نتایج حاصل با افزایش غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم شاخص قوام افزایش یافت و نمونه شاهد کمترین شاخص قوام و نمونه پنیر ریکوتا سین بیوتیک حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L کلرور کلسیم بیشترین شاخص قوام را داشت.

طبق نتایج حاصل رفتار رئولوژیکی نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک از مدل توان تبعیت می‌کند و در کلیه نمونه ضریب همبستگی بالایی با مدل توان دارد. در کلیه نمونه‌ها شاخص جریان کمتر از ۱ بود لذا نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک رفتار غیر نیوتنی داشتند و ضریب قوام با افزایش غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم افزایش می‌یافت. به نظر می‌رسد با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم برهمکنش‌های الکتروستاتیک بین مولکول‌های پروتئین افزایش یافته و به پنیر با بافت منسجم‌تر کمک می‌کند. اینولین نیز به عنوان ترکیب هیدروکلوئیدی با جذب آب نقش تغلیظ کننده را داشته و به افزایش ویسکوزیته کمک می‌کند [٦، ١٩]. مشابها، در تحقیقی در زمینه خواص رئولوژیکی پنیر موزارلا مدل توان به عنوان مدل رئولوژیکی مناسب برای ارزیابی رفتار رئولوژیکی پنیر موزارلا گزارش شد [٢٣]. همچنین در گزارشی در ارزیابی خواص رئولوژیکی پنیر فرسکو از مول توان برای برازش داده‌های رئومتر استفاده گردید [٢٤].

۳-٤- ارزیابی شاخص‌های رنگی در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک

نمودار3 تغییرات شاخص رنگی L* را در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول دوره نگهداری را نشان می دهد. افزودن هیدروکلوئید اینولین به نمونه‌های پنیر سین بیوتیک ریکوتا شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک را به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (p<۰/۰۵)؛ نمونه های حاوی اینولین بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها روشن‌تر بودند. طبق نتایج حاصل، با افزایش غلظت کلرور کلسیم شاخص رنگی L* نمونه‌های

پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک به صورت معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۵). همچنین، شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک در طول دوره نگهداری ۵ روزه کاهش معنی‌دار داشت (p<۰/۰۵). طبق نتایج حاصل نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک حاوی ۳٪ اینولین و ۰ mg/L نمک کلرور کلسیم در روز اول نگهداری بالاترین شاخص رنگی L* را به خود اختصاص داد.

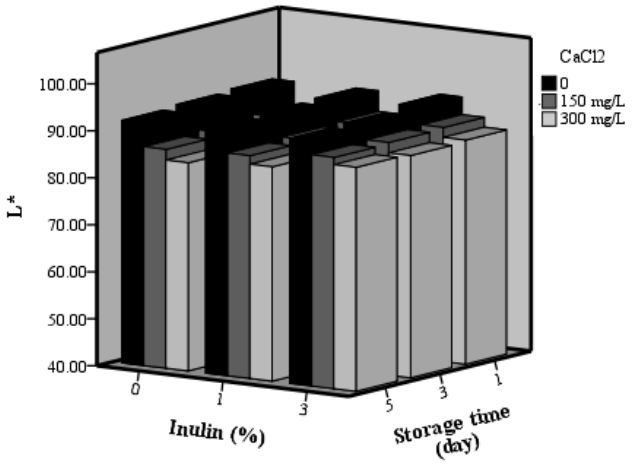

Fig ۳. The effect of inulin and $CaCl_2$ on L* color indexes of synbiotic ricotta cheese during storage(C(0%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_1(0%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_2(0%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_3(1%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_4(1%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_5(1%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_6(3%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_7(3%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_8(3%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$))

نمودار ٤ تغییرات شاخص رنگی b* را در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول دوره نگهداری را نشان می دهد. طبق نتایج حاصل شاخص رنگی b* نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک کاهش معنی‌داری در طول دوره نگهداری داشت (p<۰/۰۵). بعلاوه، افزایش غلظت اینولین در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک با کاهش معنی‌دار شاخص رنگی b* در نمونه‌های پنیر همراه بود (p<۰/۰۵). نمونه های پنیر سین بیوتیک فاقد اینولین شاخص رنگی b* بالاتری در مقایسه با نمونه‌های پنیر حاوی ۳٪ اینولین داشتند. همچنین با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم حتی در غلظت ۱۵۰ mg/L سبب کاهش معنی‌دار شاخص رنگی b* در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک می‌شود (p<۰/۰۵). طبق نتایج حاصل نمونه شاهد در روز اول نگهداری بالاترین مقدار شاخص رنگی b* و نمونه تیمار حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L کلرور کلسیم در روز ۵ نگهداری کمترین مقدار شاخص رنگی b* را به خود اختصاص دادند.

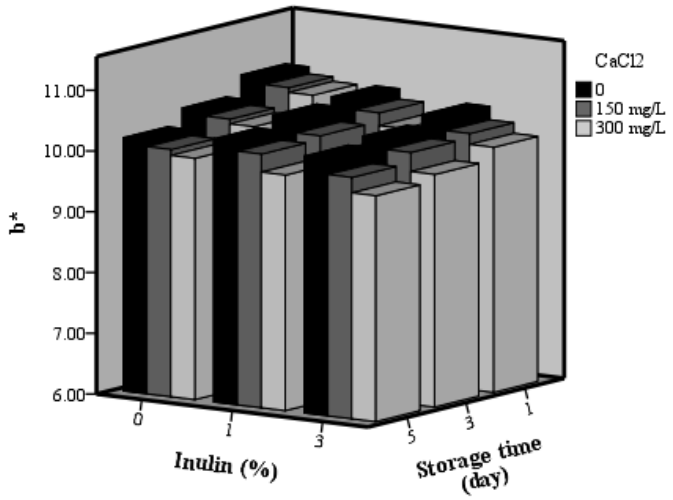

Fig 4. The effect of inulin and $CaCl_2$ on b* color indexes of synbiotic ricotta cheese during storage(C(0%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_1(0%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_2(0%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_3(1%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_4(1%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_5(1%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_6(3%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_7(3%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_8(3%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$))

نمودار ۵ تغییرات شاخص رنگی a* را در نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول دوره نگهداری را نشان می دهد. افزودن هیدروکلوئید اینولین به نمونه‌های پنیر سین بیوتیک ریکوتا شاخص رنگی a* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک را به عنوان شاخص رنگی منفی به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد ($p<۰/۰۵$); نمونه های حاوی اینولین بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها قرمزتر بودند. همچنین با افزایش غلظت کلرور کلسیم شاخص رنگی a* نمونه های مختلف پنیر ریکوتا سین بیوتیک افزایش معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). نمونه تیمار حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L کلرور کلسیم در روز اول نگهداری بیشترین مقدار شاخص رنگی a* را به خود اختصاص دادند; در حالیکه کمترین مقدار شاخص رنگی a* به نمونه شاهد اختصاص داشت. همچنین در طول دوره نگهداری شاخص رنگی a* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک کاهش یافته و با پیشرفت زمان نگهداری، شاخص رنگی a* منفی‌تر شد.

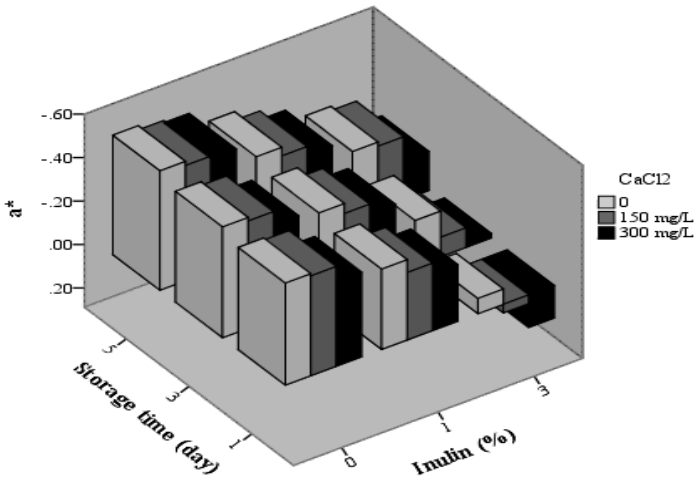

Fig 5. The effect of inulin and $CaCl_2$ on a* color indexes of synbiotic ricotta cheese during storage(C(0%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_1(0%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_2(0%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_3(1%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_4(1%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_5(1%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_6(3%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_7(3%Inulin, 150mg /L $CaCl_2$), T_8(3%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$))

رنگ پنیر ریکوتا یکی از خصوصیات فیزیکی است که بر انتخاب محصول به وسیله مصرف کنندگان تاثیرگذار است. افزایش شاخص رنگی L* معرف افزایش روشنایی و کاهش آن نشاندهنده افزایش تیرگی در ماده غذایی است. طبق نتایج حاصل با افزایش غلظت اینولین در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک، شاخص رنگی L* در نمونه‌های پنیر افزایش یافت. احتمالا اینولین با اتصال به قندهای احیا کننده در پنیر مانع واکنش آنها با اسیدهای آمینه و برهمکنش میلارد و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای می‌شود و درنتیجه روشنایی پنیر ریکوتا سین بیوتیک افزایش می‌یابد [۲۵]. بعلاوه افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم سبب کاهش روشنایی نمونه‌های پنیر شد. احتمالا افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم بر پیوندهای عرضی بین میسل‌های کازئین تاثیر گذاشته و سبب تغییر شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر می شود. همچنین، افزودن نمک کلسیم سبب تغییر محتوی مواد معدنی پنیر می‌شود که بر شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر تاثیرگذار است. طبق نتایج حاصل، شاخص رنگی L* در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول دوره نگهداری کاهش معنی‌دار داشت و به نظر می رسد این کاهش به دلیل افزایش شدت پروتئولیز و لیپولیز، تغییر در ساختار پروتئین و چربی و ترکیبات رنگی در طول ذخیره سازی باشد [۲۶]. مشابها، در تحقیقی بر روی پنیر آنالوگ فرآوری شده افزایش در شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر با افزایش غلظت اینولین گزارش شد و علت این افزایش به تاثیر هیدروکلوئید اینولین بر پراکندگی نور نسبت داده شد [۲۷]. همچنین در تحقیقی در زمینه تاثیر نمک‌های سدیم و کلسیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر فتا، کاهش شاخص رنگی L* نمونه‌های پنیر با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم گزارش شد [۲۱].

طبق نتایج حاصل شاخص رنگی b* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک بین ۹.۷ تا ۱۰.۷۶ بود. مشابها پنیر رکوسان تولید شده از آب پنیر نیز شاخص رنگی b* بین ۹.۱ تا ۱۴.۸۱ را نشان داد [۲۷]. به نظر می‌رسد، کاهش معنی‌دار شاخص رنگی b* در طول دوره نگهداری ناشی از اکسیداسیون و هیدرولیز رنگدانه‌های کاروتنوئیدی نمونه‌های پنیر باشد. بعلاوه، افزایش غلظت اینولین با کاهش شاخص رنگی b* در نمونه‌های پنیر همراه بود که احتمالا به دلیل تشکیل کمپلکس با رنگدانه‌ها و جلوگیری از واکنش میلارد است [۲۹]. مشابها در گزارشی در زمینه تاثیر جایگزینی اینولین با چربی در پنیر آنالوگ مشخص شد در نمونه‌های پنیر حاوی اینولین شاخص رنگی b* کاهش یافت و ارتباط مثبت بین غلظت اینولین و کاهش شاخص رنگی b* وجود داشت. بر خلاف نتایج تحقیق اخیر در پژوهشی در زمینه خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر کفیر سوئیسی حاوی اینولین کاهش غیر معنی‌دار شاخص رنگی b* در نمونه‌های پنیر مشاهده شد [۲۹]. طبق نتایج حاصل کاهش معنی‌دار شاخص رنگی b* در نمونه‌های پنیر با افزایش غلظت کلرور کلسیم ممکن است ناشی از واکنش نمک کلسیم با رنگدانه های عامل رنگ زرد یا تاثیر بر برهمکنش کاروتنوئیدها با سایر ترکیبات موثر در ایجاد رنگ است [۲۶]. در گزارشی در زمینه تاثیر نمک کلسیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر شیر بز کاهش شدت رنگ زرد را با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم مشاهده شد [۳۰].

شاخص رنگی a* در نمونه‌های پنیر نشاندهنده رنگ قرمز بوده و یک شاخص رنگی منفی است و با افزایش مقدار شاخص رنگی a* شدت رنگ قرمز افزایش می‌یابد. طبق نتایج حاصل با افزایش غلظت اینولین، شاخص رنگی a* نمونه‌های پنیر ریکوتا افزایش یافته و رنگ نمونه‌ها از سبزی به قرمزی متمایل می‌شود. به نظر می‌رسد اینولین ظرفیت جذب آب نمونه‌های پنیر ریکوتا را افزایش داده و به عنوان تشدید کننده رنگ عمل کرده و سبب بهبود رنگ نمونه‌های پنیر می‌شود [۲۷]. در تحقیق اخیر شاخص

رنگی *a کلیه نمونه‌ها در محدوده ۰.۱۵ تا ۰.۵۵- قرار داشت. مشابها، در تحقیقی در زمینه ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر ریکوتا غنی شده با هیدروکلوئیدها، شاخص رنگی *a کلیه نمونه‌ها در محدوده ۰.۱٤ تا ۰.٤۲- گزارش شده است. طبق نتایج حاصل شدت شاخص رنگی *a نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول دوره نگهداری کاهش یافت. احتمالا، اکسیداسیون و تخریب رنگدانه‌هایی که عامل رنگ قرمز در نمونه‌های پنیر ریکوتا در طول دوره نگهداری سبب کاهش شدت رنگ قرمز می‌شود [۲٦]. همچنین در گزارشی در بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر کفیر سوئیسی حاوی اینولین کاهش معنی دار شاخص رنگی *a در طول زمان نگهداری مشاهده شد [۲۹]. مشابها، در تحقیقی در بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر ریکوتا روند کاهشی در شاخص رنگی *a در طول دوره نگهداری گزارش شد [۳۱].

۳-۵-تعیین زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (*LA-5*) در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک

نمودار ٦ تغییرات زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک در طول زمان نگهداری نشان می دهد. طبق نتایج حاصل افزودن هیدروکلوئید اینولین به نمونه‌های پنیر سین بیوتیک ریکوتا زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک را به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد ($p<۰/۰۵$)؛ نمونه های حاوی اینولین بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها حاوی تعداد بالاتری باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* بودند. طبق نتایج حاصل، با افزایش غلظت کلرور کلسیم زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک به صورت معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). درحالیکه، زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک در طول دوره نگهداری ۵ روزه کاهش معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). طبق نتایج حاصل در روز پنجم نگهداری نمونه‌های پنیر ریکوتا سین‌بیوتیک حاوی ۳٪ اینولین و ۳۰۰ mg/L نمک کلرور کلسیم بالاترین زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را به خود اختصاص داد.

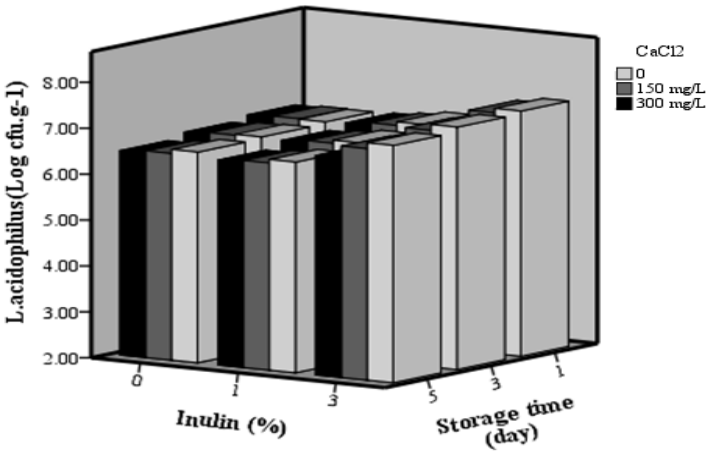

Fig 6. The effect of inulin and $CaCl_2$ on *L. acidophilus LA-5* Survival (CFU/g) in synbiotic ricotta cheese (C(0%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_1(0%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_2(0%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_3(1%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_4(1%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_5(1%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$), T_6(3%Inulin, 0mg/L $CaCl_2$), T_7(3%Inulin, 150mg/L $CaCl_2$), T_8(3%Inulin, 300mg/L $CaCl_2$))

طبق استاندارد ملی ایران حداقل میزان میکروارگانیسم های پروبیوتیک در مواد غذایی برای بهره‌مندی از مزایای سلامتی‌بخش ٦ Log cfu/g از ماده غذایی می‌باشد. طبق نتایج حاصل میزان زنده مانی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک در محدوده ۶.۳۴-۷.۴۱ Log cfu/g می‌باشد، لذا کلیه نمونه-های پنیر ریکوتا در دوره نگهداری سطح استاندارد باکتری پروبیوتیک را دارا می‌باشند و با توجه به حضور اینولین به عنوان ماده‌ای پری‌بیوتیک، کلیه نمونه‌های پنیر ریکوتا جز مواد غذایی سین بیوتیک‌ها هستند [۳۱]. طبق نتایج حاصل زنده‌مانی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در حضور اینولین و نمک کلرور کلسیم افزایش و در طول زمان نگهداری کاهش معنی‌دار داشت. طبق گزارشات پیشین کاهش pH، تولید اسیدهای آلی، پتانسیل اکسیداسیون-احیا بالا، تولید پراکسید هیدروژن، حضور اکسیژن مولکولی، رقابت باکتریایی و تغییرات دمایی در طول دوره ذخیره سازی سبب کاهش زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در طول دوره نگهداری می‌شود [۳]. اینولین به عنوان یک ترکیب پری بیوتیک تاثیر تحریک‌کنندگی رشد باکتری‌های پروبیوتیک را دارد [۲۱]. مشابها، در تحقیقی در زمینه تاثیر نمک های کلسیم بر خصوصیات پنیر فتا گزارش شد نمک کلسیم سبب افزایش رشد باکتری‌های آغازگر در نمونه‌های پنیر می‌شود [۳۲]. در پژوهشی در زمینه خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر ماسکارپونه پروبیوتیک مشخص شد اینولین سبب بهبود رشد *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در نمونه-های پنیر می‌شود [۳۳].

٤-نتیجه گیری

پنیر از مهم‌ترین مواد غذایی است که به عنوان ناقل باکتری-های سلامتی‌بخش پروبیوتیک بکار می‌رود. با توجه به میزان بالای آب پنیر تولیدی در کارخانجات لبنی کشور، تولید پنیر ریکوتا از آب پنیر راهکاری مناسب برای استفاده بهینه از آب پنیر تولیدی به عنوان ضایعات کارخانجات لبنی است. تولید پنیر ریکوتا سین بیوتیک سبب ایجاد ارزش افزوده در آب پنیر تولیدی شده و منجر به ارتقا سلامت مصرف کنندگان نیز می‌شود. در این تحقیق تغییرات خصوصیات فیزیکی پنیر ریکوتا سین بیوتیک در حضور اینولین و نمک کلرور کلسیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه افزایش معنی‌دار زنده مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در پنیر ریکوتا سین بیوتیک را در حضور اینولین و نمک کلرور کلسیم نشان داد. طبق نتایج حاصل نمونه‌های پنیر شاهد و تیمار از نظر خصوصیات رئولوژیکی جز مواد غذایی غیر نیوتنی بوده و رفتار رقیق شونده با برش نشان می‌دادند. با افزایش غلظت اینولین و نمک کلرور کلسیم ویسکوزیته نمونه‌های پنیر ریکوتا سین بیوتیک افزایش یافت که ناشی از قابلیت جذب آب هیدروکلوئید اینولین و نقش اساسی کلسیم در ساختار ژل پروتئینی پنیر است. طبق نتایج حاصل افزودن هیدروکلوئید اینولین و نمک کلرور کلسیم سبب کاهش روشنایی تشدید زردی و قرمزی در نمونه‌های پنیر می-شود. به طورکلی، نتایج تحقیق اخیر تولید پنیر ریکوتا از آب پنیر به عنوان ضایعات صنایع لبنی جهت تولید ماده غذایی فراسودمند و استفاده بهینه از آب پنیر توصیه می کند.

٥- منابع

[1] Maftei, N. M., Raileanu, C. R., Balta, A. A., Ambrose, L., Boev, M., Marin, D. B., Lisa, E. L. (2024). The Potential Impact of Probiotics on Human Health: An Update on Their Health-Promoting Properties. *Microorganisms*. *12*: 234.

[2] Khushboo, K. A., Malik, T. (2023). Characterization and selection of probiotic lactic acid bacteria from different dietary sources for

development of functional foods. *Frontiers in Microbiology*. *14*:1170725.
[3] Arabshahi, S. S., Sedaghati, M. (2022). Production of synbiotic doogh enriched with Plantago psyllium mucilage. *Journal of Food Science and Technology*. 1–8.
[4] Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S., Berenjian, A., Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*. *8(3)*: 92.
[5] Chaves, K. S., Gigante, M. L. (2016). Prato cheese as suitable carrier for *Lactobacillus acidophilus* La5 and *Bifidobacterium* Bb12. *International Dairy Journal*. *52*: 10–18.
[6] Rubel, I. A., Iraporda, C., Gallo, A., Manrique, G. D., Genovese, D. B. (2019). Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *International Dairy Journal*. *94*: 7-15.
[7] Islam, M., Alharbi, M. A., Alharbi, N. K., Rafiq, S., Shahbaz, M., Murtaza, S., Raza, N., Farooq, U., Ali, M., Imran, M., Ali, S. (2022). Effect of Inulin on Organic Acids and Microstructure of Synbiotic Cheddar-Type Cheese Made from Buffalo Milk. *Molecules. 27:* 5137.
[8] Niro, S., Succi, M., Cinquanta, L., Fratiavvi, A., Tremonte, P., Sorrentino, E., Panfili, G. (2013). Production of functional Ricotta Cheese. *Agro food Industry Hi Tech*. *24*: 56-59.
[9] Rashid, A. A., Huma, N., Zahoor, T., Asgher, M. (2017). Optimization of pH, temperature, and CaCl2 concentrations for Ricotta cheese production from Buffalo cheese whey using Response Surface Methodology. *Journal of Dairy Research. 84:* 109-116.
[10] Zawistowska-Rojek, A., Zaręba, T., Tyski, S. (2022). Microbiological Testing of Probiotic Preparations. *International Journal of Environmental Research and Public Health. 19:* 5701.
[11] Ansari, J. M., Colasacco, C., Emmanouil, E., Kohlhepp, S., Harriott, O. (2019). Strain-level diversity of commercial probiotic isolates of Bacillus, Lactobacillus, and Saccharomyces species illustrated by molecular identification and phenotypic profiling. *Plos One*. *14*: e0213841.
[12] Hemati, F., Arianfar, A. (2018). Effect of microbial transglutaminase and gelatin on the rheological and sensory properties of low-fat cream cheese. *Journal of Food Process Preservative. 10(1)*: 47–60.
[13] Jiang, Y., Zhang, M., Zhang, Y., Zulewska, J., Yang, Z. (2021). Calcium (Ca2+)-regulated exopolysaccharide biosynthesis in probiotic *Lactobacillus plantarum* K25 as analyzed by an omics approach. *Journal of Dairy Science. 104*: 2693-2708.
[14] Nosrati, G., Jooyandeh, H., Hojjati, M., Noshad, M. (2023). Impact of ultrafiltrated whey powder and lactulose on survival of *Bifidobacterium bifidium* and color and sensory characteristics of ultrafiltrated synbiotic cheese. *Journal of food science and technology. 20:* 238-252.
[15] Sameer, B., Ganguly, S., Khetra, Y., Sabikhi, L. (2020). Development and Characterization of Probiotic Buffalo Milk Ricotta Cheese. *LWT-Food Science and Technology. 121*: 108944.
[16] Shah, N. P. (2000). Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal* of *Dairy Science. 83*: 894–907.
[17] Amer, D. A., Albadri, A. A., El-Hamshary, H. A., Nehela, Y., El-Hawary, M. Y., Makhlouf, A. H., Awad, S. A. (2023). Impact of Salting Techniques on the Physio-Chemical Characteristics, Sensory Properties, and Volatile Organic Compounds of Ras Cheese. *Foods. 12(9)*: 1855.
[18] Fosberg, H., Joyner, H. S. (2018a). The impact of salt reduction on cottage cheese cream dressing rheological behavior and consumer acceptance. *International Dairy Journal*. *79*: 62–72.
[19] Landfeld, A., Novotna, P., Houska, M. (2002). Influence of the amount of rennet, calcium chloride addition, temperature, and high-pressuretreatment on the course of milk coagulation. *Czech Journal of Food Sciences. 20*: 237–244.
[20] Zhu, C., Brown, C., Gillies, G., Watkinsen,P., Bronlund, J. (2015). "Characterizing the rheological properties of mozzarella cheese at shear rate and temperature conditions relevant to pizza baking". *LWT –Food Science and Technology*. *64*: 82-87.
[21] Vasheghani Farahani, M., Sedaghati, M., Mooraki, N. (2022). Production and characterization of synbiotic *Doogh* by Gum Tragacanth, Date Seed Powder, and *L.casei*. *Journal of Food Process and Preservative. 46*: e16946.
[22] Kratochvílová, A., Salek, R.N., Vašina, M., Lorencová, E., Kurová, V., Lazárková, Z., Dostálová, J., Šenkýrová, J. (2022). The Impact of Different Hydrocolloids on the Viscoelastic Properties and Microstructure of Processed Cheese Manufactured without Emulsifying Salts in Relation to Storage Time. *Foods. 11*: 3605.
[23] Leach, M. R., Farkas, B. E., Daubert, C. R. (2003). Rheological Characterization of Process Cheese Using Tube Viscometry. *International Journal of Food Properties. 6*: 259-267.
[24] Tunick, M. H., Van Hekken, D. L. (2012). The power law and dynamic rheology in cheese analysis. *ACS Symposium Series. 1098*: 191-199.
[25] Kathuria, D. H., Gautam, S., Thakur, A. (2023). Maillard reaction in different food products: Effect on product quality, human health and mitigation strategies. *Food Control. 153*:109911.
[26] Zonoubi, R., Goli, M. (2020). The effect of complete replacing sodium with potassium, calcium, and magnesium brine on sodium-free ultrafiltration Feta cheese at the end of the 60-day ripening period: Physicochemical, proteolysis–lipolysis indices,

microbial, colorimetric, and sensory evaluation. *Food Science and Nutrition. 9*: 866–874.
[27] Solowiej, B., Glibowski, P., Muszynski, S., Wydrych, J., Gawron, A., Jelinski, T. (2015). The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloids*. *44*: 1-11.
[28] Mazorra-Manzano, M. A., Ramireza-Montejo, H., Lugo-Sanchez, M. E., Gonzalez-Cordova, A. F., Vallejo-Cordoba, B. (2019). Characterization of whey and whey cheese requesón from the production of asadero cheese (cooked cheese) Sonoran region. Nova Science. 11: 220-233.
[29] Sousa, P. B. D., Guimaraes, T. L. F., Silva, P. L. D., Miranda, E. S. M., Castro, E. D. A ., Moncao, E. D. C., Santos, S. M. L. D., Mendes, L. G., Cavalcante, A. B. D., Damaceno, M. N. (2021). Effect of inulin addition on the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics from guava-flavored petit-suisse kefir cheese. *Agricultural Biological Science. 10*: e7010817139.
[30] Pawlos M, Znamirowska-Piotrowska A, Kowalczyk M, Zagula G (2022) Application of Calcium Citrate in the Manufacture of Acid Rennet Cheese Produced from High-Heat-Treated Goat's Milk from Spring and Autumn Season. Mol 27*:*5523.
[31] Ortiz LC, Darre M, Ortiz CM, Massolo JF, Vicente AR (2017) Quality and yield of Ricotta cheese as affected by milk fat content and coagulant type. Int J Dairy Technol 71: 340-346.
[32] Iravani, S., Korbekandi, H., Mirmohammadi, S. V. (2015). Technology and potential applications of probiotic encapsulation in fermented milk products. *Journal of Food Science and Technology. 52*: 4679-4696.
[33] Almeida, J. D. S. O. D., Dias, C. O., Pinto, S. S., Pereira, L. C., Verruck, S., Fritzen-Freire, C. B., Amante, E. R., Prudencio, E., Amboni, RDMC. (2017). Probiotic Mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Dairy Technology. 71*: 195-203.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of inulin and calcium chloride on the viscosity and color characteristics of synbiotic ricotta cheese

Marjaneh Sedaghati*, Reyhaneh Kavand

1- Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- MS student of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/8/27

Accepted:2024/12/30

Keywords:

cheese,
color indexes,
inulin,
ricotta,
and viscosity.

DOI: 10.22034/FSCT.22.162.171.

*Corresponding Author E-

marjanehsedaghati@yahoo.com

ABSTRACT

This research was conducted with the aim of investigating changes in viscosity and color characteristics of synbiotic ricotta cheese with the addition of inulin and calcium chloride during the storage time. To produce synbiotic ricotta cheese, whey, *Lactobacillus acidophilus*, inulin, and calcium chloride were used.Inulin at three levels of 0, 1% and 3% and calcium chloride salt at three levels of 0, 150 and 300 mg/L were applied and changes in viscosity and color (color indexes L*, b* and a*) and the survival of *Lactobacillus acidophilus* during the storage investigated. The results showed the addition of inulin and calcium chloride significantly increased the viscosity of synbiotic ricotta cheese ($p<0.05\%$). The diagram of apparent viscosity-shearing rate indicated that with increasing shearing rate, the apparent viscosity of the samples decreased; Therefore, synbiotic ricotta cheese are non-Newtonian food. In the evaluation of the rheological parameters of different synbiotic ricotta cheese, it was found the cheese had a high correlation with the power law model and the synbiotic ricotta cheese showed pseudoplastic behavior. The changes of L* color indexin of synbiotic ricotta cheese revealed the addition of inulin to cheese significantly increased the L* color index and the presence of calcium chloride decreased the L* color index of synbiotic ricotta cheese significantly ($p<0.05$). Also, increasing the concentration of inulin and calcium chloride in different synbiotic ricotta cheese was associated with a significant decrease in b* and a* color index of cheese ($p<0.05$). According to the results, the addition of inulin and calcium chloride improved the survival of *Lactobacillus acidophilus* ($p<0.05$). According to the results, in the synbiotic ricotta cheese containing 3% inulin and 300 mg/L calcium chloride, the viscosity and color characteristics of the sample was favorable. In addition, this sample had the highest survival rate of *Lactobacillus acidophilus* among the synbiotic ricotta cheese.