



## بررسی اثر اینولین/کفیران بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی پنیر موزارلای کم چرب

ناصر مقیسه<sup>۱</sup>، اکرم آریانفر<sup>۲\*</sup>، اسماعیل عطای صالحی<sup>۳</sup> و علی رافع<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۴- دانشیار، گروه فرآوری مواد غذایی، موسسه علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

### اطلاعات مقاله

### چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۶

کلمات کلیدی:

موزارلا،

کفیران،

اینولین،

بافت،

ویژگی های حسی.

گرایش به محصولات غذایی آماده مصرف مانند پیتزاها و کاهش فعالیت‌های بدنی روزمره، نیاز به کاهش کالری و چربی غذایی را افزایش داده است. بر این اساس، تولید پنیر موزارلای کم چرب از طریق جایگزینی با پلی‌ساکاریدهای مفید میکروبی مانند کفیران و فیبرهای رژیمی نظیر اینولین می‌تواند کمک موثری باشد. لذا، در این تحقیق اثر افزودن اینولین در غلظت‌های ۶ و ۷ درصد و کفیران در غلظت‌های ۰/۶ و ۰/۷ درصد مورد بررسی قرار گرفت و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، پارامترهای رنگی و ویژگی‌های بافتی پنیر تحت تاثیر افزودن اینولین/کفیران مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که در نمونه با نسبت اینولین به کفیران ۱۰:۱ بیشترین تغییر روی اسیدیته و pH مشاهده شد، در حالی که افزایش مقدار کفیران تأثیری روی اسیدیته نداشته که می‌تواند به دلیل ساختار خنثی پلی‌ساکارید کفیران باشد. در بررسی میزان ماده خشک پنیر، افزودن اینولین/کفیران تأثیر معنی‌داری روی نتایج نشان نداد ( $P < 0.05$ ). در مقابل میزان ذوب شدگی در نمونه شاهد بیشترین و در نمونه B (کمترین نسبت اینولین به کفیران) کمترین بود. به عبارتی، افزودن اینولین/کفیران تأثیری بر میزان ذوب شدگی پنیر نشان نداد. در بررسی ویژگی‌های رنگی پنیر موزارلا با تغییر سطح اینولین به کفیران تغییری در میزان روشنایی،  $a^*$  و  $b^*$  مشاهده نشد. هرچند در تغییرات کلی رنگ بیشترین تغییر در نمونه A و کمترین تغییر رنگ در نمونه شاهد مشاهده شد. همچنین، افزودن اینولین و کفیران تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی و بافتی پنیر موزارلا نداشت. بنابراین، امکان استفاده از این ترکیب در فرمولاسیون پنیر موزارلا بدون ایجاد تغییرات نامطلوب در محصول وجود دارد.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.297

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.10.1

\* مسئول مکاتبات:

a\_aria\_1443@yahoo.com

## ۱- مقدمه

یکی از مهمترین نگرانی های مصرف کنندگان پنیر، مقدار چربی بالای آن است. در نتیجه پنیرهای کم چرب به عنوان یکی از مطلوب ترین محصولات لبنی برای هم مصرف کنندگان و هم تولیدکنندگان محسوب می شود [۱-۳]. طی دهه گذشته مصرف پنیر موزارلا به دلیل تقاضا برای غذاهای آماده و فست فود مانند پیتزا رو به افزایش بوده است به طوری که براساس بررسی سازمان غذا و داروی آمریکا مصرف سرانه سالانه پنیر موزارلا ۳/۵ کیلوگرم برآورد شده است. کمینه چربی پنیر موزارلا بر مبنای ماده خشک ۳۰ درصد است که در پنیرهای موزارلا سبک یا کم چرب حدود ۱۰ درصد می باشد [۴]. هرچند، کاهش مقدار چربی منجر به افزایش ویژگی های بافتی و کاهش ذوب پذیری پنیر موزارلا می شود که از نظر خواص ارگانولپتیکی مطلوب نیست [۱، ۵]. از سوی دیگر، بیماری های مزمنی مانند بیماری های قلبی-عروقی، دیابت، چاقی، سرطان گوارش و دیگر بیماری های گوارشی به فقدان فیبر در رژیم غذایی ارتباط داده شده است. تحقیقات گسترده نشان داده است که فیبر رژیمی محلول می تواند کلسترول سرمی خون را کاهش دهد [۶، ۷]. در سال های اخیر استفاده از آگزوپلی ساکاریدهای میکروبی بدست آمده از باکتری های اسید لاکتیک (LAB) به عنوان جایگزین چربی توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. این پلی ساکاریدها از یک سو توسط سویه های مفید میکروبی تهیه می شوند و از سوی دیگر به دلیل خواص مطلوبی مانند قوام دهنده، پایدارکننده و ژل دهنده نقش مهمی در فرمولاسیون مواد غذایی ایفا می کنند [۸]. آگزوپلی ساکاریدهای میکروبی، پلیمرهای بلند زنجیری هستند که با ایجاد قوام یا تشکیل ژل در محیط آبی حالت خامه ای ایجاد می کنند و رفتاری چربی مانند از خود نشان می دهند و لذا می توانند به عنوان جایگزین چربی استفاده شوند [۹، ۱۰]. از میان انواع آگزوپلی ساکاریدهای میکروبی می توان به زانتان حاصل از *Zaizanthomonas campestris*<sup>۱</sup> و ژلان حاصل از *Sphingomonas paucimobilis*<sup>۲</sup> اشاره کرد که کاربرد زیادی در محصولات غذایی و غیر غذایی دارند [۱۱]. تحقیقات متعددی

روی آگزوپلی ساکاریدهای میکروبی انجام شده است که از آن جمله می توان به مقالات مروری و اثر آگزوپلی ساکاریدهای میکروبی روی خمیر ترش اشاره کرد [۱۲-۱۶].

یکی از محصولات تخمیری لاکتیکی در صنایع لبنیات دانه های کفیر است که به رنگ سفید عامل تخمیر لبنی هستند. این دانه ها شبیه تکه های گل کلم به اندازه ۱ تا ۳ سانتی متر، دارای شکل نامنظم به رنگ سفید شیری هستند. ساختار این دانه ها لزج، اما سخت است که محصول این دانه های آگزوپلی ساکاریدی به نام کفیران است [۱۷]. آگزوپلی ساکارید کفیران هیدروکلوئیدی خنثی است که توسط باکتری *Lactobacillus kefiranofaciens* موجود در دانه های کفیر تولید می شود. این پلی ساکارید از واحدهای D-گلوکز و D-لاکتوز به نسبت ۱:۱ تشکیل شده است [۱۷] و دارای خواص دارویی و ضد میکروبی است [۱۸، ۱۹]. کفیران از قابلیت انحلال خوبی در آب سرد برخوردار است و با غلظت ۰/۲ درصد محلولی ویسکوز تولید می کند. وزن مولکولی کفیران  $1.35 \times 10^6$  دالتون و چرخش نوری آن  $+64$  می باشد. محلول کفیران دارای رفتار نیوتنی در این غلظت است و با افزایش غلظت رفتار سدوپلاستیک از خود نشان داده است. همچنین، کفیران با کاراگینان ۱٪ به نسبت ۱:۴ تشکیل ژل می دهد [۲۰]. اثر کفیران به عنوان جایگزین چربی بر خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی ماست همزده و بستنی مطالعه شده است و نتایج نشان داده است که با استفاده از ۰/۵ درصد کفیران می توان به خواص بافتی و رئولوژیکی مناسب برای ماست و بستنی دست یافت [۲۱، ۲۲]. اثر افزودن کفیر بر خواص پنیر موزارلا و تاثیر آن بر ویژگی های رئولوژیکی و ساختمانی پنیر موزارلا بررسی شده است و نتایج نشان داده است که کاهش چربی نقش مهمی در ویژگی های ذکر شده داشته و همبستگی معنی داری بین خواص رئولوژیکی با مقادیر چربی پنیر موزارلا وجود دارد [۲۳، ۲۴]. از آنجا که تاکنون، تحقیقی روی بررسی اثر کفیران بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و بافتی پنیر موزارلا انجام نشده است، لذا، هدف این تحقیق بررسی اثر افزودن کفیران به پنیر موزارلا بر خواص فیزیکوشیمیایی و بافتی آن جهت رسیدن به یک محصول با مقدار چربی کاهش یافته است.

1. *Xanthomonas campestris*  
2. *Sphingomonas paucimobilis*

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- تهیه کفیران

جهت استخراج اگزوبیلی ساکارید تولید شده از دانه‌های کفیر، از روش قاسم‌لو و همکاران (۲۰۱۱) همراه با تغییرات جزئی استفاده شد [۲۵]. بدین منظور، مقدار مشخصی از دانه کفیر (نسبت ۱ به ۳) در آبجوش به مدت ۱ ساعت همزده شد. سپس، مخلوط حاصل در دور ۱۰۰۰ g به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. آنگاه کفیران محلول، با افزودن اتانول (به نسبت ۱ به ۷)، پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای یخچال، جداسازی شد. محلول کلونیدی حاصل (ژل کفیران و الکل) در سانتریفوژ یخچال‌دار با دور ۱۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد مجدداً سانتریفوژ گردید. رسوب حاصل به نسبت ۱ به ۵ با آبجوش مخلوط و دوبار شستشو داده شد. در نهایت، محلول حاصل (کفیران) با استفاده از خشک‌کن خشک و به صورت پودر تهیه گردید.

## ۲-۲- تولید پنیر موزارلا

شیر ۱٪ چربی پاستوریزه (۲۰ لیتر)، ابتدا با اینولین و کفیران در نسبت‌های مختلف مطابق با جدول ۱ تهیه شد. سپس، به شیر حاوی اینولین/کفیران در دمای ۳۳ درجه سانتیگراد با رنت به میزان ۰/۲۵٪ تلقیح شد و از استارترهای حاصل از لاکتوباسیلوس و استرپتوکوکوس استفاده شد. نسبت‌های مورد استفاده اینولین و کفیران در جدول ۱ آورده شده است. لخته جداسازی شده با pH ۵/۲ در آب ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد و سپس ورز داده شد و به ابعاد ۲۵ گرمی گلوله شد. سپس، در آب گردان در ۱۰-۱۲ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه خنک گردید. در ادامه، در آب نمک تا رسیدن به دمای ۵ درجه سانتیگراد سرد شده و به مدت ۳۰ دقیقه غوطه‌ور نگه داشته شد [۲۶].

**Table 1** The inulin and kefiran concentrations used in mozzarella cheese production.

Treatment	Inulin, %	Kefiran, %	Ratio
A	6	0.6	10:1
B	7	0.6	12:1
C	6	0.7	8.5:1

## ۲-۳- اسیدیته و pH

اندازه‌گیری اسیدیته مطابق با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد، به این صورت که ۹ گرم از نمونه در بشر ریخته شد و وزن گردید سپس هم وزن آزمون به آن آب مقطر عاری از دی اکسید کربن اضافه شد سپس ۰/۵ میلی‌لیتر فنل فتالین به عنوان شناساگر استفاده گردید و با سود ۰/۱ نرمال تیترا شد. این عمل تا ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ که حداقل به مدت ۵ ثانیه پایدار باقی بماند، انجام شد.

اندازه‌گیری pH براساس استاندارد ملی ایران با شماره ۲۸۵۲ انجام گرفت. به این صورت که در یک بشر ۱۰ گرم از پنیر خرد شده را با دقت توزین و سپس ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده شد. نمونه را کاملاً همگن و یکنواخت کرده، آنگاه pH پنیر را در حین بهم زدن توسط pHمتری که قبلاً با دو محلول بافر ۴ و ۷ کالیبره شده ثبت گردید. آزمون اندازه‌گیری اسیدیته و pH برای هر نمونه پنیر حداقل در سه تکرار انجام و میانگین گرفته شد و نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش گردید.

## ۲-۴- ماده خشک

اندازه‌گیری ماده خشک براساس استاندارد ملی ایران با شماره ۱۷۵۳ انجام گرفت. ظرفی شامل حدود ۵ گرم از شن همراه با میله همزن شیشه‌ای بدون گذاشتن درپوش، بمدت ۲ ساعت در آون حرارت داده شد. درپوش روی ظرف (حاوی شن و میله همزن) قرار داده و بلافاصله به دسیکاتور منتقل گردید تا در دمای اتاق (در مدت ۴۵ دقیقه) خنک شود. سپس ظرف همراه با میله، شن و درپوش با دقت ۰/۱ میلی‌گرم توزین شد. در یک ظرف ۵ گرم شن در یک طرف آن و در قسمت خالی آن، حدود ۳ گرم از نمونه پنیر موزارلای رنده شده قرار داده و ظرف با درپوش در داخل آون بمدت ۳ ساعت حرارت داده شد. سپس، درپوش روی ظرف قرار داده و بلافاصله به دسیکاتور منتقل گردید. پس از آن ظرف به مدت حداقل ۴۵ دقیقه در دمای اتاق خنک شده و آنگاه توزین گردید. ظرف داخل آون قرار داده و درپوش در کنارش گذاشته و مجدداً بمدت ۱/۵ ساعت حرارت داده شد. پس از این مدت درپوش روی ظرف قرار داده و بلافاصله به دسیکاتور منتقل گردیده و توزین شد. مقدار کل ماده خشک که بر حسب درصد وزنی بیان گردید.

## ۲-۵- اندازه‌گیری قابلیت ذوب و پس دادن

## روغن

در این پژوهش از روش اصلاح شده آزمون شرابیر<sup>۳</sup> با کمک فناوری پردازش تصویر استفاده شد. بدین صورت که ورقه‌های پنیر تهیه شده از قبل، با ضخامت ۱۰ میلی‌متر از یخچال خارج و با کمک حلقه‌ای به قطر تقریبی ۲۲ میلی‌متر قطعات پنیر از میان ورق پنیر پیتزا جدا و در مرکز پلیت شیشه‌ای دارای کاغذ صاف‌گذار شده شدند. سپس، درپوش شیشه‌ای روی آن قرار گرفت و پلیت‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در آون مجهز به سیستم مگردش هوای اجباری (فن آزما گستر) تا دمای ۹۰ درجه سانتیگراد گرم شد. پس از خروج از آون درب شیشه‌ای پلیت برداشته و نمونه به مدت ۵ دقیقه در دمای محیط خنک گردید. عکس‌برداری از نمونه‌ها قبل و بعد از حرارت‌دهی در آون، در یک اتاقک نورپردازی به رنگ سفید با ابعاد ۱۰۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر، با سیستم نورپردازی از پشت توسط سه عدد لامپ فلورسنت ۱۰ واتو توسط یک دوربین دیجیتال ( Canon PowerShot SX130 IS) قرار گرفته روی یک پایه در فاصله ۱۸ سانتی‌متری از نمونه‌ها انجام شد. تصاویر گرفته شده از طریق یک درگاه USB به کامپیوتر منتقل و جهت آنالیز بعدی به فرم jpg ذخیره گردید. تصویر نمونه پنیر از زمینه عکس با کمک نرم افزار Adobe Photoshop CS5 ME نسخه ۱۲ جدا شد. سپس عملیات آستانه یابی و تعیین مساحت نمونه با استفاده از نرم‌افزار ImageJ نسخه ۱.۴.۳.۶۷ انجام گرفت.

## ۲-۶- رنگ

رنگ پنیر موزولا به وسیله دستگاه هانتربل مدل ColorFlex ساخت امریکا گزارش گردید و مقیاس CIE برای اندازه‌گیری  $L^*$  (سیاه تا سفید ۱۰۰)،  $a^*$  (قرمز تا سبز ۶۰-) و  $b^*$  (زرد تا آبی ۶۰-) به کار گرفته شد. به این ترتیب ابتدا دستگاه با کاشی سفید و سیاه کالیبره گردید و سپس پنیرها در قطر ۴ سانتیمتر بریده شدند. نمونه‌های پنیر دایره‌ای بریده شده در کف سل هانتربل قرار گرفتند و تغییر رنگ کلی ( $\Delta E$ ) بر اساس مقایسه پنیرها با کاشی سفید استاندارد به کمک فرمول زیر محاسبه شد:

$$\Delta E = [(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2]^{0.5}$$

3. Schreiber test

در این فرمول،  $L^*$  شاخص استاندارد شفافیت،  $a^*$  شاخص استاندارد سبزی و قرمزی و  $b^*$  شاخص استاندارد آبی و زردی است. همچنین فاکتورهای  $L, a, b$  مربوط به نمونه‌های مورد آزمون است.

## ۲-۷- خصوصیات بافتی

جهت اندازه‌گیری خصوصیات بافتی پنیر پیتزا از دستگاه بافت-سنج (Co. UK, model TA Plus Lloyd instruments) (an Ametek) استفاده شد. نمونه‌های پنیر پیتزا با استفاده از قالبی فلزی به ابعاد ۱۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۸ میلی‌متر تهیه شدند. قطر پروب مورد استفاده ۵۰ میلی‌متر و قطعات استوانه‌ای شکلی با قطر ۲ میلی‌متر و لودسل مورد استفاده ۱۰۰ نیوتن بود. نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی با سرعت فشرده‌سازی ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه و تا ۲۵ درصد ارتفاع اولیه فشرده شده و سپس فشارزدایی شدند. نمونه‌ها بلافاصله پس از خروج از یخچال در دمای محیط مورد آزمون قرار گرفتند. برای هر نمونه مورد آزمون ۳ تکرار در نظر گرفته شد و با استفاده از نرم‌افزار نصب شده روی کامپیوتر متصل به دستگاه بافت‌سنج ویژگی‌های بافتی سختی، چسبندگی و قابلیت ارتجاعی نمونه‌های پنیر پیتزا اندازه‌گیری شد.

## ۲-۸- پارامترهای حسی

پارامترهای حسی مربوط به پنیر پیتزا از جمله رنگ توسط دستگاه هانتربل اندازه‌گیری شد. پارامترهای حسی بو، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی توسط آزمون حسی هدونیک نه نقطه‌ای بدست آمد [۲۵]. نمونه‌های پنیر پیتزا در ابعاد ۱×۱×۱ به صورت کد گذاری شده در اختیار ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده به عنوان ارزیابان حسی قرار داده شد و ۹ به عنوان بهترین و بالاترین امتیاز، ۵ به عنوان نه خوب و نه بد و ۱ عنوان پایین‌ترین امتیاز در صفت مورد بررسی گزارش گردید.

## ۲-۹- آنالیز آماری

نتایج حاصل از این پژوهش بر اساس طرح آماری پایه کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل، در سه تکرار با استفاده از نرم افزارهای SAS (نسخه ۹،۱)، Microsoft Office Excel (۲۰۱۳)، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) و آزمون دانکن در سطح ۹۵٪ انجام شد. در نهایت

بررسی‌ها نشان داده است میکروارگانیسم‌ها با مصرف قند و تولید اسیدهای آلی می‌توانند افزایش اسیدیته را به دنبال داشته باشند. با به پایان رسیدن منابع قندی، میکروارگانیسم‌ها پروتئین‌های موجود در محیط را مصرف می‌کنند و این باعث کاهش اسیدیته محصول می‌گردد. همچنین میکروارگانیسم‌های موجود در محیط، اسیدهای آلی را مصرف کرده و این عامل نیز منجر کاهش اسیدیته محصول می‌شود [۲۹].

در بررسی میزان ماده خشک پنیر، افزودن اینولین/کفیران تاثیر معنی‌داری روی نتایج نشان نداد ( $P < 0.05$ ). در مقابل میزان ذوب شدگی در نمونه شاهد بیشترین و در نمونه B (کمترین نسبت اینولین به کفیران) کمترین بود. به عبارتی، افزودن اینولین/کفیران تاثیری بر میزان ذوب‌شدگی پنیر نشان نداد. در بررسی اثر افزودن نشاسته، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و کربوکسی متیل سلولز به عنوان برخی از پلی‌ساکاریدها روی ویژگی ذوب شدگی پنیر موزارلا نیز تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ( $P < 0.05$ ) و نمونه شاهد بیشترین ذوب شدگی را از خود نشان داد [۳۰]. پنیر با ساختار پروتئین فشرده ذوب‌شدگی و کشش‌پذیری کمتری دارد. کاهش ذوب شدگی بیشتر ناشی از ساختمان پروتئینی فشرده است که تا حدی به فازهای چربی و پروتئین استناد می‌شود [۳۱].

میانگین سه تکرار داده‌های آزمایشگاهی و ضرایب (انحراف معیار) بدست آمده و همچنین به کمک جدول تجزیه واریانس (ANOVA) ترسیم نمودار صورت گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج حاصل از افزودن اینولین/کفیران به پنیر موزارلا در سه غلظت بر اسیدیته، pH، ماده خشک و میزان ذوب شدگی در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد در نمونه A (نسبت اینولین به کفیران ۱۰:۱) بیشترین تغییر روی اسیدیته و pH شاهد بودیم در حالیکه افزایش مقدار کفیران تاثیر روی اسیدیته نداشته که این مساله می‌تواند به دلیل ساختار خنثی پلی‌ساکارید کفیران باشد (مقایسه نمونه‌های B و C). نتیجه مشابهی در تحقیقات پیشین در ویژگی‌های ماست میوه‌ای مشاهده شده است [۲۲]. از سویی با کاهش نسبت، کاهش اسیدیته در نمونه‌های پنیر مشاهده شد. نمونه‌های پرچرب نسبت به نمونه‌های کم چرب اسیدیته کمتر داشته، که این موضوع به دلیل تاثیر محتوای چربی بر رشد و فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک که باعث ایجاد اسیدیته کمتر می‌شود می‌باشد و با یافته‌های برخی محققین مطابقت داشته است [۲۸]. از سوی دیگر

**Table 2** Physicochemical properties of mozzarella cheese by incorporating kefiran at 3 concentration levels.

Sample	Acidity, %	pH	NSDM, %	Meltability area
A	0.77±0.00 <sup>a</sup>	5.98±0.07 <sup>b</sup>	101.65±0.92 <sup>a</sup>	21.28±0.21 <sup>c</sup>
B	0.72±0.04 <sup>b</sup>	5.87±0.04 <sup>b</sup>	102.43±0.15 <sup>a</sup>	19.21±0.12 <sup>c</sup>
C	0.70±0.05 <sup>b</sup>	5.84±0.75 <sup>b</sup>	101.83±0.74 <sup>a</sup>	27.81±0.11 <sup>b</sup>
Control	0.71±0.06 <sup>c</sup>	6.75±0.00 <sup>a</sup>	102.57±0.00 <sup>a</sup>	40.19±0.15 <sup>a</sup>

\*. The statistical significant differences between the samples are given in alphabetical order.

و a b مشاهده نشد. هرچند در تغییرات کلی رنگ بیشترین تغییر معنی‌دار در نمونه A و کمترین تغییر رنگ معنی‌دار در نمونه شاهد مشاهده شد ( $P < 0.05$ ).

تغییرات رنگی پنیر موزارلا تحت اثر افزودن اینولین در جدول ۳ آورده شده است. در بررسی ویژگی‌های رنگی پنیر موزارلا با تغییر سطح اینولین به کفیران تغییری در میزان روشنایی،

**Table 2** Color attributes of mozzarella cheese by incorporating kefiran at 3 concentration levels.

ΔE	b*	a*	L*	Sample
395.21±21.17 <sup>a</sup>	18.11±0.15 <sup>a</sup>	-3.60±0.02 <sup>b</sup>	78.80±0.09 <sup>c</sup>	A
371.76±16.54 <sup>b</sup>	18.42±0.05 <sup>a</sup>	-3.20±0.03 <sup>b</sup>	80.15±0.32 <sup>b</sup>	B
349.58±20.07 <sup>c</sup>	17.70±0.10 <sup>b</sup>	-3.24±0.04 <sup>b</sup>	80.63±0.13 <sup>b</sup>	C
303.49±23.11 <sup>d</sup>	17.66±0.05 <sup>b</sup>	-2.79±0.05 <sup>a</sup>	83.05±0.19 <sup>a</sup>	Control

\*. The statistical significant differences between the samples are given in alphabetical order.

جایگزین شده بستگی دارد. همانطور که از چربی لبنی در فرمول خود استفاده کردیم، انتظار می‌رود با افزایش سطح اینولین، سختی آن افزایش یابد. با این حال، نسبت پنیرهای حاوی اینولین به میزان قابل توجهی بیشتر از پروتئین به چربی (نسبت پروتئین به چربی ۱/۴ تا ۲/۴) و پروتئین به رطوبت (۰/۴۵ تا ۰/۴۷) است که بیش از هر گونه نرم کننده جبران می‌شود. بیشترین سختی در نسبت ۱:۱۲ اینولین/کفیران به دست آمد که برای ایجاد نرم شدن مشخص کافی نیست و بنابراین، اثرات ترکیبی افزایش پروتئین به چربی و پروتئین به رطوبت بر سختی مشاهده می‌شود. در نسبت ۱:۸، سختی کمتر می‌تواند مربوط به پروتئین به رطوبت باشد که مهمترین عامل تعیین کننده سختی است.

با افزایش ترکیب اینولین، انسجام و چسبندگی افزایش یافت. در مقایسه با شاهد با پنیر موزارلا کم چرب به نسبت ۱:۸، تأثیر قابل توجهی بر انسجام، که با پنیرهای یخ زده/ذوب شده موافق است، مشاهده نشد. انسجام پنیر کامل چرب کمتر از پنیر موزارلا کم چرب بود که با اینولین ترکیب شده بود که با کارهای قبلی موافق بود [۳۳]. اگرچه، فنریت برای اکثر پنیرها تفاوت معنی‌داری نداشت [۳۳]، اما با افزایش سطح اینولین، فنریت به میزان قابل توجهی کاهش یافت ( $P < 0.05$ ) که ممکن است مربوط به میزان بیشتر پروتئین باشد.

بر این اساس می‌توان چنین استنباط کرد که افزودن اینولین/کفیران تأثیری در افت رنگ یا بدرنگ شدگی محصول ندارد. در تحقیقی اثر فرایند انجماد و رفع انجماد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر موزارلا بررسی شد و نتایج نشان داد که افزودن اسید سیتریک منجر به کاهش روشنایی طی دوره نگهداری شده است [۳۲].

### ۳-۲- ویژگی‌های بافتی

خواص بافتی پنیر موزارلا در جدول ۳ آورده شده است. سختی اندازه‌گیری میزان نیرویی است که برای فشردن نمونه لازم است و به قدرت شبکه پنیر مربوط می‌شود. با افزایش سطح اینولین، سختی افزایش یافت. از آنجا که با افزایش ترکیب اینولین در پنیر، چربی کاهش می‌یابد، رطوبت و پروتئین افزایش می‌یابد، توضیح این مسأله که ممکن است ناشی از تعامل پیچیده تعدادی از متغیرها باشد، دشوار است. مشخص شده است که میزان چربی، اندازه و توزیع قطرات چربی بر فعل و انفعالات درون ماتریس پروتئین و سختی آن تأثیر می‌گذارد. این موضوع می‌تواند به هیدراتاسیون کمتر پروتئین، آزادی کمتر برای حرکت پروتئین، شبکه پروتئینی متراکم‌تر، مقدار بیشتر کازئین سالم و ماتریس کازئین ظریف‌تر باشد [۳۱، ۳۳]. همچنین مشخص شده است که تأثیر جایگزینی چربی بر بافت پنیر تا حد زیادی به ماهیت چربی

**Table 3** Textural properties of mozzarella cheese at different ratios of inulin incorporation.\*

Sample	Hardness (N)	Adhesiveness (mJ)	Cohesiveness (-)	Springiness (N)	Gumminess (N)
Control	22.51±0.23 <sup>c</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.50±0.01 <sup>d</sup>	0.09±0.00 <sup>b</sup>	11.29±0.28 <sup>c</sup>
8:1	21.29±0.17 <sup>d</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.54±0.01 <sup>c</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>	11.46±0.12 <sup>c</sup>
10:1	24.80±0.15 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.64±0.01 <sup>b</sup>	0.09±0.00 <sup>d</sup>	15.96±0.16 <sup>b</sup>
12:1	30.69±0.26 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.72±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.00 <sup>c</sup>	22.05±0.34 <sup>a</sup>

\*. The statistical significant differences between the samples are given in alphabetical order.

### ۳-۳ ویژگی‌های حسی

نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی روی ویژگی‌های بو، طعم، بافت و پذیرش کلی به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد افزودن اینولین و کفیران تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی پنیر موزارلا نداشته است.

فنریت کمتر و انسجام بیشتر پنیر موزارلا که در سطح بالایی از اینولین بود می‌تواند به دلیل افزایش رطوبت و مواد پروتئینی، به دلیل پدیده هیدراتاسیون کازئین‌ها و تشکیل یک ساختار سفت و محکم و کمتر پلاستیکی باشد. این نوع رفتار برای پنیر حاوی اینولین برای پنیر منجمد/ذوب شده کاملاً متفاوت بود [۳۴، ۳۵].



#### ۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، اثر افزودن اینولین، کفیران بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی پنیر موزارلا مورد ارزیابی قرار گرفت. اینولین/کفیران اثر معنی‌داری بر رنگ و ویژگی‌های ذوب شدگی پنیر نشان نداد و با پنیر شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. از سوی دیگر ویژگی‌های حسی پنیر تحت تاثیر اینولین/کفیران قرار نگرفت و در این سطح غلظتی اثر نامطلوب روی نمونه‌های پنیر نشان نداد. خواص بافتی موزارلا کم چرب کاملاً تحت تاثیر ترکیب اینولین قرار گرفت و سختی آن افزایش یافت که ممکن است به هیدراتاسیون کمتر پروتئین، آزادی کمتر پروتئین، شبکه پروتئینی متراکم‌تر، مقدار بیشتر کازئین سالم و ماتریس کازئین ظریف‌تر مربوط باشد. علاوه بر این، نسبت پروتئین به چربی و پروتئین به رطوبت بر سختی، فنریت و انسجام پنیر تأثیر داشت، زیرا فنریت کمتر انسجام بیشتر پنیر موزارلا که در سطح بالایی از اینولین گنجانده شده ممکن است با افزایش رطوبت و مواد پروتئینی ناشی از کازئین مرتبط باشد. پدیده هیدراتاسیون و تشکیل یک ساختار سفت، سخت و کمتر پلاستیک شده است. در مجموع اگرچه این ترکیب تاثیر نامطلوب بر ویژگی‌های پنیر موزارلا نداشت، اما بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و حرارتی پنیر موزارلا بسیار مهم و حائز اهمیت است و مناسب است تا در تحقیقات آتی مورد بحث و مطالعه قرار گیرد.

#### ۵- منابع

- [1] Tunick, M.H., Mackey, K. L., Smith, P.W. & Holsinger, V.H. (1991). Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. *Netherland Milk DairyJournal*, 45, 117-125.
- [2] Tunick, M. H., Mackey, K. L., Shieh, J. J., Smith, P. W., Cooke, P., & Malin, E. L. (1993a). Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*, 3(7), 649-662.
- [3] Tunick, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W., Shieh, J. J., Sullivan, B. C., Mackey, K. L., & Holsinger, V. H. (1993b). Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella

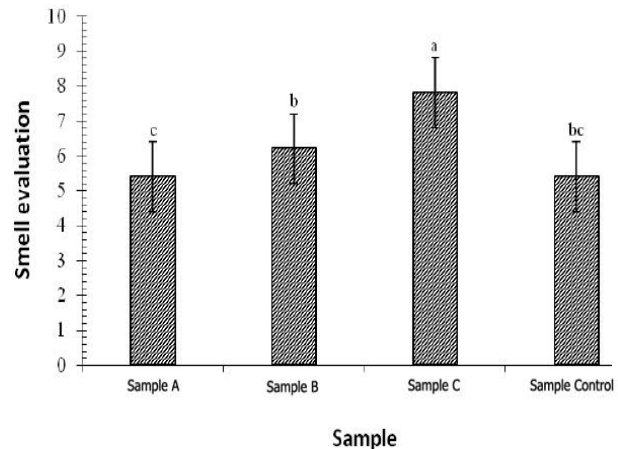


Fig 1 Effect of inulin/kefiran on the smell of mozzarella cheese.

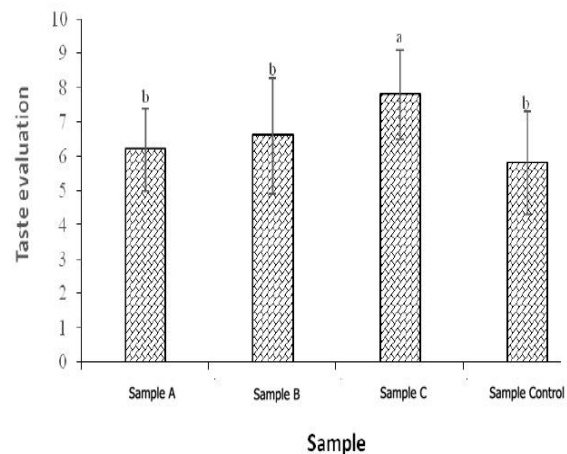


Fig 2 Effect of inulin/kefiran on the taste of mozzarella cheese.

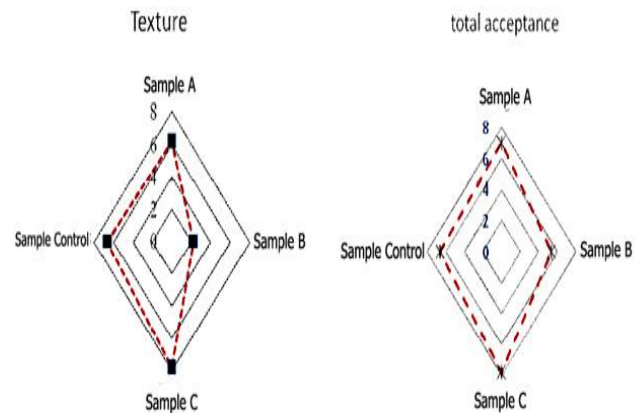


Fig 3 Effect of inulin/kefiran on the texture and total acceptance of mozzarella cheese.

- LY03, *Appl Environ Microbiol.* 66 (2000) 3519-3527.
- [15] F. Donot, A. Fontana, J.C. Baccou, S. Schorr-Galindo, Microbial exopolysaccharides: main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction, *Carbohydrate Polymers.* 87 (2012) 951-962.
- [16] AbbasAbedfar, Marzieh Hosseininezhad, Ali, Rafe (2020). Effect of microbial exopolysaccharide on wheat bran sourdough: Rheological, thermal and microstructural characteristics. *International Journal of Biological Macromolecules* Volume 154, Pages 371-379.
- [17] Mitsue, T., Tachibana, K., Hara, T. & Fujio, Y. (1999). Isolation of kefir-producing lactic acid bacteria from kefir grain and improvement of kefir productivity. *Seibutsu Kagaku*, 76, 447-450.
- [18] Rodrigues, K. L., Caputo, L. R., Carvalho, J. C., Evangelista, J. & Schneedorf, J. M. (2005). Antimicrobial and healing activity of kefir and kefir extract. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 25, 404-408.
- [19] Ninane, V., Berben, G., Romne, J. M. & Oger, R. (2005). Variability of the microbial abundance of kefir grain starter cultivated in partially controlled conditions. *Biotechnology Agronomy Society Environment*, 9, 191-194.
- [20] Siavash Saei-Dehkordi, S., Fallah, A. A., Heidari-Nasirabadi, M., & Moradi, M. (2012). Chemical composition, antioxidative capacity and interactive antimicrobial potency of *Satureja khuzestanica* Jamzad essential oil and antimicrobial agents against selected food-related microorganisms. *International journal of food science & technology*, 47(8), 1579-1585.
- [21] Habibi, P. Ziaei, A., Khodaeian, M. (2016). Effect of walnut oil and keffiran on the textural and rheological properties of ice cream. *Food Technology and Nutrition.* 13(4), 59-70.
- [22] Hajei, M., Kodaieian, F., Rezvan, P. (2017). The effect of kefir as a fat replacer on physicochemical properties, sensory and microbial stirred fruit yoghurt. *Iranian Journal of Biosystem Engineering.* 48(4), 427-433.
- [23] Moghiseh, N., Arianfar, A., AtayeSalehi, E., & Rafe, A. (2021). Effect of inulin/kefir mixture on the rheological and structural cheeses prepared from homogenized Milk1. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3621-3628.
- [4] Malin, L., & Tunick, M. H. (1995). Chemistry of Structure-function relationships in cheese. Springer Science, Chapter 2, Rheology of reduced-fat Mozzarella cheese. p. 7-21.
- [5] Rodriguez, J. (1998). Recent advances in the development of low fat cheeses. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 249-254.
- [6] Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., & Ransom, T. P. P. (1998). Dietary fibre, the evolution of the human diet and coronary heart disease. *Nutrition Research*, 18, 633-652.
- [7] Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., & Vuksan, V. (1999). Inulin, oligofructose and intestinal function. *Journal of Nutrition*, 129, 1431-1433.
- [8] Laws, A. P., Marshall, V. M. (2001). The relevance of exopolysaccharides to the rheological properties in milk fermented with ropy Strains of lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 11, 709-721.
- [9] S. Mende, M. Peter, K. Bartels, H. Rohm, D. Jaros, Addition of purified exopolysaccharides isolates from *S. thermophilus* to milk and their impact on the rheology of acid gels, *Food Hydrocoll.* 32 (2013) 178-185.
- [10] A. Ketabi, S. Soleimani-Zad, M. Kadivar, M. Sheikh-Zeinoddin, Production of microbial exopolysaccharides in the sourdough and its effects on the rheological properties of dough, *Food Res Int.* 41 (2008) 948-951.
- [11] I.W. Sutherland, Novel and established applications of microbial polysaccharides, *Trends Biotechnol.* 16 (1998) 41-46.
- [12] J. Cerning, Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria, *FEMS Microbiol.* 7 (1990) 113-130.
- [13] L. De Vuyst, F. De Vin, F. Vainangelgem, B. Degeest, Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria, *Int Dairy J.* 11 (2001) 687-707.
- [14] B. Degeest, L. De Vuyst, Correlation of activities of the enzymes  $\alpha$ -phosphoglucomutase, UDP-galactose 4-epimerase, and UDP-glucose pyrophosphorylase with exopolysaccharide biosynthesis by *Streptococcus thermophilus*



- Food Science and Technology (2018), doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.011>.
- [31] Tunick, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W., Shieh, J. J., Sullivan, B. C., Mackey, K. L., & Holsinger, V. (1993). Proteolysis and Rheology of Low Fat and Full Fat Mozzarella Cheeses Prepared from Homogenized Milk 1. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3621-3628.
- [32] Alinovi, M., Wiking, L., Corredig, M., & Mucchetti, G. (2020). Effect of frozen and refrigerated storage on proteolysis and physicochemical properties of high-moisture citric mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7775-7790.
- [33] Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Malin, E. L., & Holsinger, V. H. (2007). Rheology and melt characterization of low-fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk. *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 89-98.
- [32] Alinovi, M., Wiking, L., Corredig, M., & Mucchetti, G. (2020). Effect of frozen and refrigerated storage on proteolysis and physicochemical properties of high-moisture citric mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7775-7790.
- [33] Tidona, F., Alinovi, M., Francolino, S., Brusa, G., Ghiglietti, R., Locci, F., ... & Giraffa, G. (2020). Partial substitution of 40 g/100 g fresh milk with reconstituted low heat skim milk powder in high-moisture mozzarella cheese production: Rheological and water-related properties. *LWT*, 110391.
- properties of mozzarella cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 1079-1086.
- [24] Purwati, F., Melia, S., Suharto, E.L.S., & Agestayani, F. (2021). The microbiological and chemical characteristics of mozzarella cheese supplemented with different level of kefir. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 694 012073.
- [25] Guzel-Seydim, Z. B., Kok-Tas, T., Greene, A. K., & Seydim, A. C. (2011). Functional properties of kefir. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(3), 261-268.
- [26] Chen, C., Wolle, D., & Sommer, D. (2008). Mozzarella. In *The sensory evaluation of dairy products* (pp. 459-487). Springer, New York, NY.
- [27] Booth, D. A., & Shepherd, R. (1988). Sensory influences on food acceptance:—the neglected approach to nutrition promotion. *Nutrition Bulletin*, 13(1), 39-54.
- [28] Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. & Rahimi, J. (2008). Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: Chemical, physical, and microstructural properties. *Journal of Dairy Science*, 91, 2545-2552.
- [29] Mortazavi, A., Kashaninejad, M. & Ziaolhagh, H. (2003). Food microbiology. *Ferdowsi University Press*. 685p. (In Farsi).
- [30] Li, H., Liu, Y., Sun, Y., Li, H., Yu, J., Properties of polysaccharides and glutamine transaminase used in mozzarella cheese as texturizer and crosslinking agents, *LWT* –



## Effect of inulin/kefir on the physicochemical, sensorial and textural properties of Mozzarella cheese

Moghise, N.<sup>1</sup>, Arianfar, A.<sup>2\*</sup>, Ataye Salehi, E.<sup>3</sup>, Rafe, A.<sup>4</sup>

1. Ph.D student, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
4. Associate Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.

### ABSTRACT

Trends to ready-to-eat foods such as pizzas and reduced daily physical activity have increased the need to reduce calories and dietary fat. Therefore, the production of low-fat mozzarella cheese by substituting it with beneficial microbial polysaccharides such as kefir and dietary fiber such as inulin can be profitable. In this study, the effect of adding inulin at concentrations of 6 and 7% and kefir at concentrations of 0.6 and 0.7% was investigated and physicochemical tests, color parameters and textural properties of cheese were examined as functions of inulin /Kefirs. The results showed that the most changes in acidity and pH was occurred at the ratio 10:1 inulin to kefir, whereas increasing the kefir content did not have any effect on acidity, which could be related to the neutral structure of kefir polysaccharide. In the study of cheese dry matter, the addition of inulin/kefir did not show a significant effect on the results ( $P < 0.05$ ). In contrast, the melting area was the highest in the control sample and the lowest in the sample B (the lowest ratio of inulin to kefir). In the other words, the addition of inulin/kefir did not show any effect on the melting area of the cheese. In examining the color characteristics of mozzarella cheese, by changing the level of inulin to kefir, no change in brightness,  $a^*$  and  $b^*$  was observed. However, for general color change, the most change was observed in sample and the lowest color change was observed in control. The addition of inulin and kefir did not also have a significant effect on the organoleptic and textural properties of mozzarella cheese. Therefore, it is possible to use this combination in the formulation of mozzarella cheese without making undesirable changes in the product

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 09/ 12  
Accepted 2022/ 06/ 27

#### Keywords:

Mozarella cheese,  
Inulin, Kefiran,  
Texture,  
Sensory.

DOI: 10.22034/FSCT.19.126.297

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.126.10.1

\*Corresponding Author E-Mail:  
a\_aria\_1443@yahoo.com