



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و صمغ کاراگینان بر خواص حسی، بافت و ویژگی‌های میکروبی پنیر فراپالوده کم چرب

احلام بوحمید^۱، حسین جوینده^۲، بهروز عزیزاده بهبهانی^۳، حسن برزگر^۳

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

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

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۸

کلمات کلیدی:

پنیر UF،

جایگزین چربی،

سفتی،

طعم،

شمارش LAB

DOI: 10.22034/FSCT.20.139.1

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.139.1.5

* مسئول مکاتبات:

hosjooy@asnruk.ac.ir

با توجه به این که چربی تأثیر زیادی بر ویژگی‌های حسی پنیر نظیر ظاهر، طعم و بافت آن دارد، کاهش آن موجب تغییرات اساسی در ویژگی‌های حسی و ساختاری محصول می‌شود. لذا با استفاده از ترکیبات جایگزین چربی می‌توان علاوه بر تولید پنیری سالم‌تر، محصولی با کیفیت محصول مشابه پرچرب تولید کرد. در پژوهش حاضر نمونه‌های پنیر کم چرب (۸ درصد چربی) به روش فراپالایش تولید شدند. جهت تولید نمونه‌ها از صمغ کاپا-کاراگینان در ۳ سطح (۰، ۰/۰۳ و ۰/۰۶ درصد) و آنزیم ترانس گلوتامیناز در ۲ سطح (صفر و ۰/۵ واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین) استفاده شد. نمونه شاهد کم چرب فاقد آنزیم و صمغ به عنوان شاهد کم چرب در نظر گرفته شد. کلیه نمونه‌ها در مدت ۱، ۵ و ۳۰ روز پس از تولید، از نظر ویژگی‌های حسی، بافتی و میکروبی مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج، افزودن صمغ سبب کاهش و در مقابل افزودن آنزیم موجب افزایش سفتی پنیر گردید ($p < 0.01$). استفاده از مقدار ۰/۰۳ درصد صمغ سبب بهبود طعم و بافت پنیر کم چرب گردید اما در سطوح بالاتر (۰/۰۶ درصد)، خواص حسی پنیر کاهش معنی‌داری یافت. همچنین نتایج نشان داد که تیمار آنزیمی سبب کاهش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک گردید اما افزودن صمغ تأثیری نداشت ($p > 0.05$). به‌طور کلی، با گذشت زمان نگهداری و تا روز پانزدهم، تمامی امتیازات حسی، سفتی پنیر و تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک افزایش یافت اما در انتهای مدت ۳۰ روز نگهداری تمامی مقادیر مذکور به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در نهایت با توجه به نتایج ارزیابی حسی و بررسی بافت نمونه‌ها، پنیر کم چرب تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز و حاوی ۰/۰۳ درصد کاراگینان به عنوان بهترین نمونه انتخاب شد.

۱- مقدمه

تقاضا برای پنیر کم چرب، به دلیل افزایش آگاهی عمومی نسبت به مسائل سلامت مصرف کننده، در سطح جهانی افزایش یافته است. تولید پنیر کم چرب با کیفیتی مشابه پنیر پرچرب سال ها است که موضوع مورد توجه محققان و صنایع پنیرسازی در جهان شده است. در هر حال، کاهش چربی موجب تغییرات گسترده ای در بافت، خاصیت ذوب شونده گی و همچنین ویژگی های ارگانولپتیکی ماده غذایی می شود [۱ و ۲]. مصرف کنندگان انتظار دارند پنیرهای کم چرب ویژگی هایی مشابه با پنیر پرچرب داشته باشند و مسلماً در صورت تولید پنیر کم چرب با عطر و طعم مطلوب، تمایل به مصرف آن نیز افزایش می یابد [۳].

یکی از مؤثرترین راه کارها جهت رفع مشکلات ناشی از کاهش چربی در پنیر، استفاده از ترکیبات جایگزین چربی است [۴]. می توان گفت هدف استفاده از جانشین های چربی تغییر کیفیت حسی ماده غذایی تا حد ممکن همراه با کاهش میزان چربی و کالری آن است [۵]. از جمله چالش های اصلی در فرمولاسیون پنیر کم چرب، سفتی بیش از حد بافت، از دست دادن طعم و ویژگی های ذوب نامطلوب است [۶ و ۷]. برای حل این مشکلات، می توان میزان رطوبت محصول را با افزودن مواد دارای ظرفیت نگهداری آب بالا (هیدروکلوئیدها) به پنیر تنظیم کرد. بر این اساس چندین جایگزین چربی، بر پایه ی کربوهیدرات، مانند سلولز میکروکریستالی، کاراگینان، صمغ عربی، صمغ پلی آنیونی، نشاسته، بتا- گلوکان و صمغ کتیرا برای تولید پنیرهای مختلف استفاده شده اند [۸ و ۹].

برهم کنش پروتئین های شیر با ترانس گلوتامیناز (TG) یکی از مؤثرترین روش ها برای ارتقای ویژگی های تغذیه ای، فنی و زیست عملکردی در محصولات لبنی است؛ از

سوی دیگر ترانس گلوتامیناز با کاهش حجم چربی و تثبیت کننده در محصول نهایی، هزینه های تولید را کاهش می دهد [۱۰]. این آنزیم می تواند پیوندهای عرضی کووالانسی درون مولکولی و بین مولکولی را بین دو اسید آمینه لیزین و گلوتامین تشکیل دهد. برخلاف اتصالات عرضی پروتئین که هیچ تغییری در توزیع بار روی سطح پروتئین ها ایجاد نمی کند، واکنش های انتقال آسپیل می تواند گروه های جدیدی در پروتئین ها ایجاد کند که در نتیجه در بار مولکول ها، میزان آبدوستی و ساختار پروتئین ها تغییراتی ایجاد نماید. بنابراین از جمله مزایای به کارگیری ترانس گلوتامیناز در محصولات لبنی می توان به افزایش مقاومت ژل، بهبود ویسکوزیته و مدول ذخیره اشاره کرد [۱۱]. قرار گرفتن در معرض تغییرات دما یا استرس فیزیکی باعث جداسازی سرم در ژل کازئینی می شود. با افزودن ترانس گلوتامیناز برای مثال به ماست می توان از این مشکل جلوگیری کرد، زیرا این آنزیم ظرفیت نگهداری آب را افزایش می دهد. همچنین گزارش شده است که بستنی هایی که با ترانس گلوتامیناز تیمار شده اند، هوادهی و قوام کف بهتری دارند [۱۲]. درواقع با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز می توان بستنی و پنیر کم چرب با محتوای مواد جامد بدون چربی کمتری تولید کرد. علاوه بر این، با کاربرد این آنزیم در تولید فرآورده های لبنی، رطوبت یا ظرفیت نگهداری آب در محصول افزایش یافته و فرآورده ای خوش طعم، با ویژگی های بافتی و رئولوژیکی مناسب تر تولید می شود؛ ضمن آن که راندمان تولید در محصولاتی مانند پنیر افزایش می یابد [۱۳، ۱۴ و ۱۵].

تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد تأثیر همزمان یا جداگانه آنزیم TG و صمغ ها یا جایگزین های چربی مختلف بر محصولات لبنی منجمده پنیر فراپالایش انجام پذیرفته است. جوینده و همکاران [۱] در بررسی تأثیر صمغ های فارسی و بادام بر پنیر فراپالایش کم چرب، بهبود

دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس نیز از شرکت دانیسکو دانمارک تهیه شدند.

۲-۲- روش تولید پنیر

برای تولید پنیر کم چرب (۸ درصد چربی) از پودر کنسانتره پروتئینی شیر (حاوی ۸۰ درصد پروتئین و ۰/۶ درصد چربی) استفاده شد. در نمونه‌های حاوی صمغ، پودر کاپا-کاراگینان در سطوح ۰، ۰/۰۳ و ۰/۰۶ درصد استفاده شد. پس از تنظیم مقدار چربی ناتراوه و افزودن صمغ، ناتراوه در فشار ۷۰ بار با استفاده از دستگاه هم‌زنایز Ronghe machinery مدل JHG-Q60-P60 ساخت چین، هم‌زن گردید. پس از پاستوریزاسیون نمونه‌ها در دمای ۷۵°C به مدت ۱۵ ثانیه، دمای نمونه‌ها به ۳۲°C کاهش یافت و آنزیم ترانس گلوتامیناز در دو سطح (صفر و ۰/۵ واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین) به ناتراوه اضافه شد. در ادامه ناتراوه به خط منعقدکننده انتقال یافته و محلول حاوی استارترهای مزوفیل و ترموفیل پنیر و رنت به ناتراوه افزوده شد. ناتراوه در ظروف پنیر ۴۰۰ میلی‌لیتر پر شد و سپس جهت تشکیل دلمه‌ی پنیر، بسته‌ها وارد خط انعقاد شدند. سپس بسته‌های پنیر در دمای ۲۹°C گرمخانه‌گذاری شدند و پس از رسیدن pH نمونه‌ها به ۴/۸، به درون سردخانه با دمای ۵°C منتقل شدند [۱۶]. نمونه‌های شاهد کم‌چرب (فاقد آنزیم و صمغ) نیز جهت مقایسه با سایر تیمارها تولید گردید (جدول ۱). نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب در زمان‌های ۱، ۱۵ و ۳۰ روز پس از تولید از نظر خواص حسی، بافت و ویژگی‌های میکروبی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی محصول را گزارش نمودند. افزودن صمغ‌های مذکور به پنیر سبب افزایش میزان تخلخل و بازتر شدن شبکه کازئینی پنیر گردید. ترابی و همکاران [۱۶] نیز نشان دادند که تیمار آنزیمی TG و افزودن اینولین و آب پنیر به عنوان ترکیبات پری-بیوتیک به طور قابل توجهی سبب بهبود خواص حسی و افزایش جمعیت باکتریایی (باکتری‌های اسید لاکتیک و پروبیوتیک) در پنیر فراپالوده کم‌چرب می‌گردد. در هر حال، تا کنون تحقیقی در مورد تأثیر همزمان تیمار آنزیمی TG و صمغ کاپا-کاراگینان بر پنیر فراپالوده کم‌چرب انجام نشده است. با توجه به اهمیت تولید محصولات لبنی کم-چرب و همچنین با توجه به جایگاه بالایی که پنیر در سبد غذایی جامعه دارد، تحقیق حاضر با هدف بررسی تولید پنیر فراپالوده کم‌چرب با استفاده از صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس گلوتامیناز و تأثیر این ترکیبات بر ویژگی‌های حسی، بافتی و میکروبی پنیر فراپالوده کم‌چرب انجام پذیرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب با استفاده از ناتراوه تولیدی در کارخانه پگاه خوزستان واقع در کیلومتر ۳ جاده شوش-دزفول تولید شدند. رنت کی مکس (به عنوان منعقد کننده) از شرکت لبنی کریستین هانسن دانمارک، پودر کنسانتره پروتئینی شیر از شرکت پگاه خراسان و صمغ تجاری کاپا-کاراگینان (با نام تجاری ژنوزل) از شرکت سی‌پی‌کلکو دانمارک تهیه شدند. استارترهای مزوفیل با نام تجاری CHOOZIT 230 حاوی لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه‌ی کرموریس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و آغازگرهای ترموفیل YO-MIX 532 محتوی سویه‌های استریتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس

۲-۵- آزمون میکروبی

جهت جداسازی و شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک، ابتدا ۲۵ گرم نمونه پنیر همراه با ۲۲۵ میلی‌لیتر محلول سیترات سدیم ۲ درصد وزنی- حجمی (ساخت شرکت سیگما) داخل جارهای استریل منتقل شد و توسط دستگاه شیکر به مدت ۵ دقیقه بطور کامل هموژن و سپس جهت حذف ذرات معلق فیلتر شد. به این ترتیب اولین رقت 10^{-1} تهیه شد و سایر رقت‌ها (10^{-2} تا 10^{-7}) به کمک آب پیتونه استریل ۰/۱ درصد وزنی- حجمی تهیه شدند. در ادامه، جهت کشت آمیخته (پورپلیت)، از لوله‌های حاوی رقت‌های تهیه شده به میزان ۰/۱ میلی‌لیتر بوسیله سمپلر به ظروف پتری‌دیش منتقل و به آن محیط‌های کشت اختصاصی MRS Agar، ساخت شرکت مرک آلمان، اضافه و مخلوط شد. پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. ارزیابی فلور میکروبی در ۳ بازه زمانی ۱، ۱۵ و ۳۰ روز پس از تولید و در ۳ تکرار انجام شد. شمارش پرگنه‌های تشکیل شده توسط دستگاه پرگنه شمار انجام شد [۱۸].

۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به دو متغیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در ۲ سطح و صمغ کاراگینان در ۳ سطح، تعداد ۶ نمونه پنیر تولید گردید و ویژگی‌های نمونه‌ها طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال، در روزهای ۱، ۱۵ و ۳۰، مقایسه شد. بنابراین در مجموع تعداد ۱۸ نمونه در حداقل دو تکرار تولید شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 تأثیر میزان صمغ، آنزیم و زمان نگهداری بر فاکتورهای ذکر شده بررسی و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

Table 1. Different treatments for low-fat ultrafiltered cheese production

Treatments	Transglutaminase (Unit/g protein)	Carrageenan (%)
1 (Control)	0	0
2	0	0.03
3	0	0.06
4	0.5	0
5	0.5	0.03
6	0.5	0.06

۲-۳- ارزیابی حسی

ترجیح ویژگی‌های رنگ، بو، طعم و بافت نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب به‌روش آزمون هدونیک ۹ نقطه‌ای انجام شد. تعداد ارزیاب‌ها در آزمون حسی ۲۰ نفر بود که نمونه‌ها به‌صورت تصادفی، پس از کدگذاری با اعداد تصادفی به آن‌ها ارائه شدند [۱۶]. کلیه ویژگی‌های حسی طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال بررسی شدند.

۲-۴- آزمون ارزیابی بافت

جهت بررسی سفتی نمونه‌های پنیر فراپالوده، آزمون پروفیل بافت (TPA) توسط دستگاه سنجش بافت Stable Micro System (مدل TA.XT.PLUS انگلستان) و با استفاده از پروپ ۵ S/P، مطابق روش جوینده (۲۰۰۹) با کمی تغییرات انجام شد. سرعت پروپ ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد و پروپ تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه‌های پنیر (عمق ۱۰ میلی‌متر) به داخل نمونه نفوذ کرد. سرعت پروپ قبل و پس از آزمون به ترتیب ۲ و ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید. نمونه‌های پنیر قبل از آزمایش از یخچال خارج و به مدت نیم ساعت در دمای محیط برای رسیدن به دمای ثابت نگهداری شدند. آزمون بافت در تمامی نمونه‌های پنیر در سه قسمت مختلف پنیر انجام پذیرفت و میانگین نتایج ثبت گردید [۱۷].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی حسی

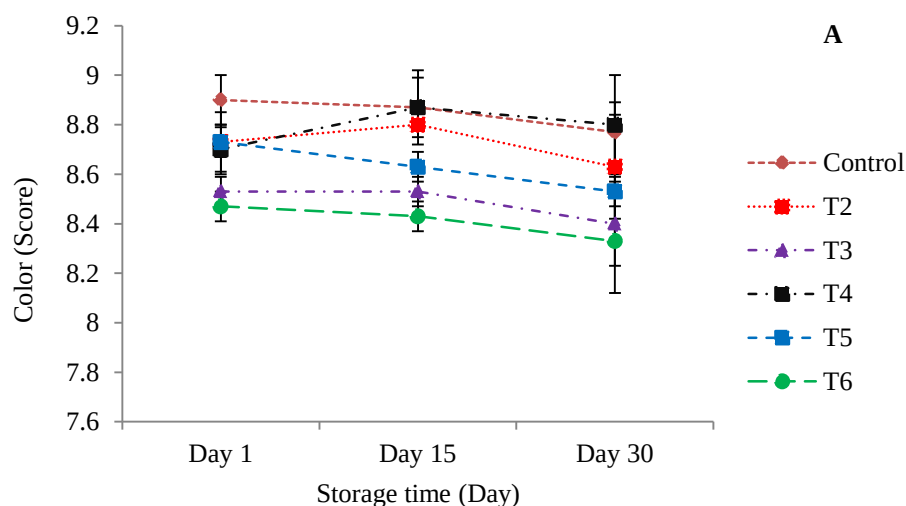
نتایج مربوط به تجزیه واریانس تأثیر متغیرهای مختلف (میزان صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس گلوتامیناز) بر خواص حسی، بافت و میزان باکتری‌های اسید لاکتیک نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال در جدول ۲ و شکل ۱ نشان داده شده‌اند. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود متغیر صمغ کاپا-

کاراگینان به غیر از بو بر سایر فاکتورهای ارزیابی حسی مورد بررسی (رنگ، بافت و طعم) تأثیر معنی‌داری داشتند ($p < 0.01$). افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز نیز تنها بر فاکتور-های رنگ و بافت تأثیر معنی‌داری داشت ($p < 0.05$) و بر فاکتورهای بو و طعم تأثیر معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$). گذشت زمان نیز تأثیری معنی‌دار بر تمام فاکتورهای ارزیابی حسی نشان داد ($p < 0.01$).

Table 2. Analysis Variance for sensory, textural and microbial properties of low fat ultrafiltrated cheese

Chang sources	Degree of freedom	Mean square					
		Aroma	Color	Texture	Taste	Hardness	LAB (log cfu/g)
Gum	2	0.005 ^{ns}	0.62 ^{**}	0.96 ^{**}	0.35 ^{**}	0.04 ^{**}	0.007 ^{ns}
Enzyme	1	0.06 ^{ns}	0.07 [*]	0.19 [*]	0 ^{ns}	0.03 ^{**}	4.00 ^{**}
Time	2	0.34 [*]	0.07 [*]	0.47 ^{**}	0.13 ^{**}	0.01 ^{**}	5.42 ^{**}
Gum×Enzyme	2	0.20 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0 ^{ns}	0.61 ^{**}
Gum×Time	4	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Enzyme×Time	2	0.02 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Gum×Enzyme×Time	4	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Error	36	0.07	0.01	0.04	0.02	0.001	0.02

ns, * and ** represent non significant, significant at $p < 0.05$ and significant at $p < 0.01$, respectively.



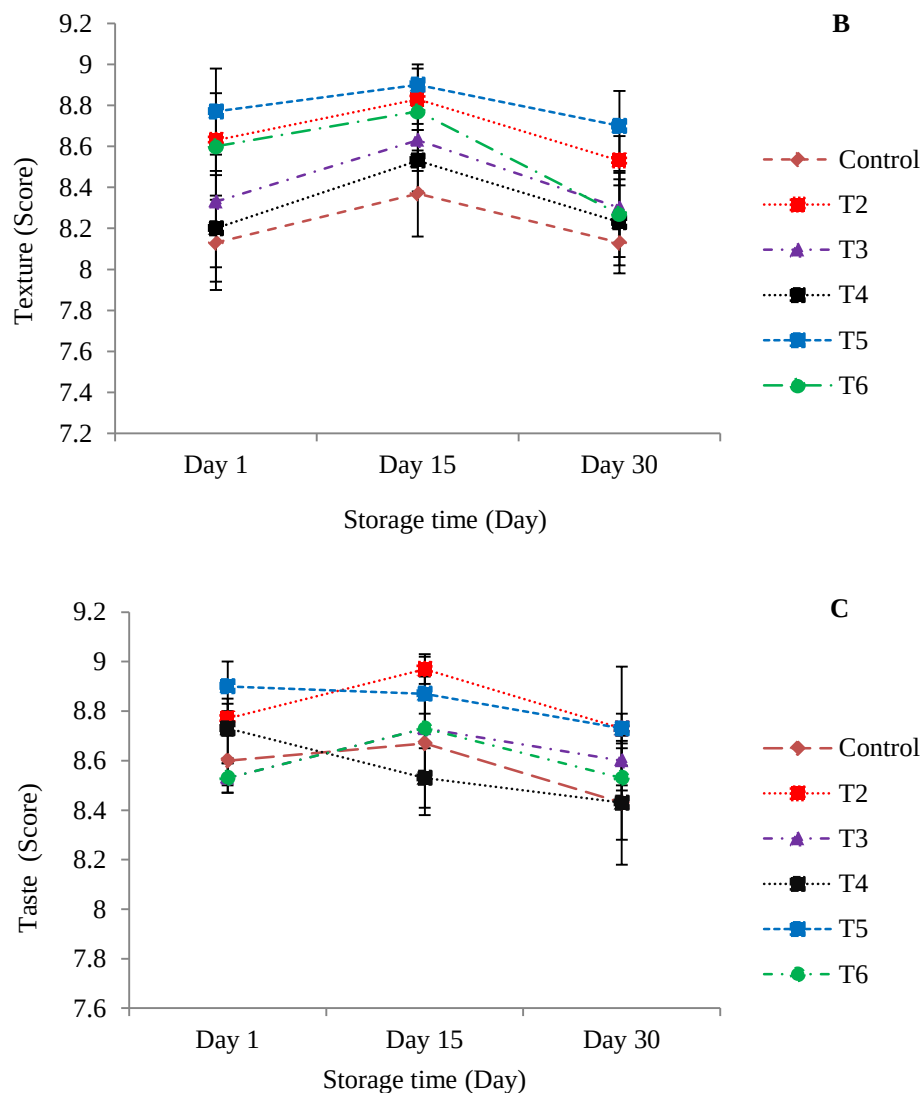


FIG 1. Sensory scores (color, texture and taste) of different treatments of low fat ultrafiltrated cheese during cold storage

که نمونه‌های بدون صمغ (نمونه شاهد و تیمار ۴) بالاترین امتیاز رنگ را دریافت کردند (شکل ۱-۴). برخلاف ویژگی رنگ که افزایش غلظت صمغ سبب کاهش قابل توجه امتیاز نمونه‌ها می‌گردید، افزودن صمغ تا غلظت ۰/۰۳ درصد، سبب بهبود ویژگی‌های طعم و بافت نمونه‌ها می‌گردید؛ به طوری که این نمونه در مقایسه با شاهد و نمونه حاوی ۰/۰۶ درصد صمغ، بالاترین امتیاز طعم (۸/۸۳) و بافت (۸/۷۳) را کسب نمود ($p < 0.01$). به عبارت دیگر، طبق نتایج ثبت شده توسط ارزیابان، استفاده از مقدار ۰/۰۳

مقایسه میانگین‌های حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب در شکل ۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که در بالا اشاره شد، تیمار آنزیمی به جز رایحه و طعم و افزودن صمغ به جز رایحه تأثیر معنی‌داری بر سایر ویژگی‌های حسی نمونه‌های پنیر داشتند. همان‌گونه که در شکل ۱ می‌توان مشاهده نمود، در ارتباط با ارزیابی رنگ پنیر، ارزیابان پایین‌ترین امتیاز رنگ را به نمونه حاوی بالاترین سطح کاپا-کاراگینان دادند (تیمار ۳ و ۶)؛ در حالی

درصد صمغ (تیمار ۲ و ۵) سبب بهبود بافت و طعم پنیر کم چرب گردید اما در سطوح بالاتر (تیمار ۳ و ۶)، کیفیت بافت و طعم پنیر کاهش یافت (شکل ۱-B و ۱-C).

بر اساس شکل‌های (۱-B) در مقادیر ثابت صمغ، نمونه‌های حاوی آنزیم امتیاز بالاتری نسبت به نمونه‌های بدون آنزیم در بخش ارزیابی بافت دریافت کردند. در نهایت با توجه به نتایج ارزیابی حسی، پنیر کم چرب تیمار شده با آنزیم ترانس گلوتامیناز و حاوی ۰/۰۳ درصد کاپا-کاراگینان (تیمار ۵) به عنوان بهترین نمونه از نظر ارزیاب‌ها انتخاب شد. محققان دیگری نیز گزارش کردند که افزودن صمغ به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب محصول، موجب بهبود و نرم تر شدن بافت پنیر کم چرب [۱۹] و همچنین بهبود ویژگی‌های حسی پنیر می‌شود [۲۰]. رستم آبادی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که در تولید پنیر سفید ایرانی فرایالوده کم چرب، با افزایش مقادیر صمغ فارسی در فرمولاسیون، امتیازات مربوط به بافت نمونه‌ها نیز افزایش یافت [۲۱]. ترابی و همکاران [۱۶] نشان دادند که نمونه بهینه پنیر فرایالوده کم چرب سین‌بیوتیک حاوی ترکیبات اینولین و آب پنیر و تیمار شده با آنزیم TG میکروبی از کیفیت بافت بالاتری نسبت به نمونه‌های شاهد پروبیوتیک و غیرپروبیوتیک در تمامی دوره‌های نگهداری برخوردار بود. کسب کرد. دانش و همکاران [۲۲] نیز گزارش کردند که با تلفیق مقدار بهینه کنسانتره پروتئینی آب پنیر به همراه تیمار آنزیمی، ویژگی‌های حسی نمونه کم-چرب به گونه چشمگیری بهبود پیدا کرد و در نتیجه آن، اختلاف معنی‌داری از نظر رنگ و ظاهر، بافت و پذیرش کلی بین نمونه پرچرب و نمونه بهینه مشاهده نشد.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با گذشت زمان نگهداری تا روز پانزدهم، تمامی ویژگی‌های حسی افزایش و در ادامه و تا انتهای زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری این امتیازات کاهش یافت. هرچند اختلاف معنی‌داری از نظر

کیفیت رایحه، رنگ و طعم محصول در روزهای ۱ و ۱۵ نگهداری وجود نداشت، اما این امتیازات در پایان مدت ۳۰ روز نگهداری به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. در مورد کیفیت ظاهر و بافت نمونه‌ها نیز نتایج بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در روزهای ۱ و ۳۰ نگهداری بود، اما در روز پانزدهم این امتیاز به‌طور قابل توجهی بالاتر از سایر دوره‌های نگهداری بود. کاهش کیفیت حسی پنیر در انتهای دوره نگهداری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است [۱۶ و ۲۳].

۳-۲- سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که هر سه متغیر میزان صمغ، آنزیم و زمان نگهداری بر سفتی بافت نمونه‌ها تأثیر معنی‌دار داشته‌اند ($p < 0/01$). در شکل ۲ نیز نتایج مربوط به سفتی بافت نمونه‌های پنیر فرایالوده کم-چرب طی تیمارهای مختلف نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، افزودن صمغ و تیمار آنزیمی اثر متفاوتی بر سفتی بافت پنیر داشتند. افزودن صمغ سبب کاهش سفتی (به ترتیب تیمارهای ۲ و ۳) و افزودن آنزیم منتج به افزایش سفتی پنیر (تیمار ۴، ۵ و ۶) شد. در واقع تیمار آنزیمی با ایجاد اتصالات عرضی درون مولکولی و بین مولکولی بین پروتئین‌های شیر، موجب ایجاد یک شبکه سه بعدی قوی از طریق پروتئین‌های کازئین شده و حداقل فضا را برای حفظ مولکول‌های آب فراهم می‌کند و در نتیجه سفتی بافت محصول را افزایش می‌دهد [۲۴ و ۱۰]. افزایش میزان سفتی بافت در پنیر کم چرب [۱۰]، پنیر کاتیج [۲۵] و ماست [۲۶] در اثر تیمار با آنزیم ترانس گلوتامیناز گزارش شده است.

همچنین با گذشت زمان نگهداری، ابتدا سفتی بافت تا حدود جزئی افزایش ($p > 0/05$) و سپس در پایان زمان نگهداری کاهش معنی‌داری یافت ($p < 0/05$). احتمالاً علت اصلی افزایش یا کاهش سفتی بافت پنیر طی مدت نگهداری

افزایش خواص آبدوستی پروتئین‌های پنیر و افزایش میزان ظرفیت نگهداری آب باشد [۱۶].

در کل طبق نتایج بافت‌سنجی، نرم‌ترین نمونه مربوط به تیمار ۳ (حاوی ۰/۰۶ درصد صمغ و بدون آنزیم) و سفت‌ترین نمونه مربوط به تیمار ۴ (بدون صمغ و حاوی ۰/۵ واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین) بود. لذا این نتایج به خوبی نشان داد که با افزودن هیدروکلوئید کاپا- کاراگینان می‌توان به خوبی بر مشکل افزایش سفتی بافت پنیر کم‌چرب، که ناشی از کاهش میزان چربی آن است، فائق آمد. درواقع با افزودن هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون پنیر، ظرفیت نگهداری آب در ماتریس پنیر افزایش یافته و از این طریق با شبیه‌سازی نقش چربی در محصول می‌توان فرآورده کم‌چرب با بافت مناسب تولید کرد [۲۰]. در تأیید این نتایج، رفیعی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که استفاده از هیدروکلوئید نشاسته برنج میزان سفتی پنیر موزارلای کم‌چرب را کاهش داده و همچنین می‌تواند سبب ایجاد خواص حسی مطلوب در پنیر کم‌چرب شود [۲۹]. جوینده و همکاران نیز [۳۰] گزارش کردند که با تلفیق کنسانتره پروتئینی تخمیری آب‌پنیر در فرمولاسیون پنیر فتا، به دلیل به دام افتادن پروتئین‌های آب پنیر دناتوره شده در ماتریکس پروتئین کازئین، میزان رطوبت و راندمان محصول افزایش قابل توجهی می‌یابد.

می‌تواند مربوط به میزان رطوبت در پنیر بستگی داشته باشد. به موازات افزایش مدت زمان نگهداری، میزان رطوبت نمونه‌های مختلف در ۱۵ روز ابتدایی کاهش و پس از آن تا پایان ۳۰ روز نگهداری افزایش معنی‌داری یافت (نتایج نشان داده نشده است). مطابق با روند تغییرات رطوبت پنیر طی مدت نگهداری در پژوهش حاضر، ترابی و همکاران [۱۶] در پنیر سفید فراپالوده و آلوز و همکاران [۲۷] در پنیر خامه‌ای سین‌بیوتیک نتایج مشابهی را گزارش کردند. جوینده و همکاران [۲۳] کاهش معنی‌دار در میزان رطوبت نمونه‌های مختلف پنیر سفید ایرانی حاوی نمک در طی دوره‌ی رسیدگی را ناشی از فشار اسمزی ایجاد شده در اثر قرار گرفتن لخته پنیر در محلول آب‌نمک و انتشار نمک به ماتریس پنیر و خروج آب از بافت پنیر بیان کردند. در هر حال، این محققین گزارش کردند که میزان رطوبت نمونه‌های پنیر سفید تیمار شده با آنزیم TG و حاوی ایزوله پروتئینی آب‌پنیر طی مدت ۶۰ روز نگهداری به شکل معنی‌دار کاهش و سفتی پنیر افزایش یافت. به علاوه، کاهش رطوبت پنیر تا اواسط دوره نگهداری می‌تواند به دلیل افزایش سینرزیس منتج از افزایش اسیدیته پنیر باشد [۲۸]. افزایش رطوبت در نمونه‌های پنیر در اواخر دوره نگهداری نیز می‌تواند مربوط به افزایش واکنش‌های پروتئولیز و

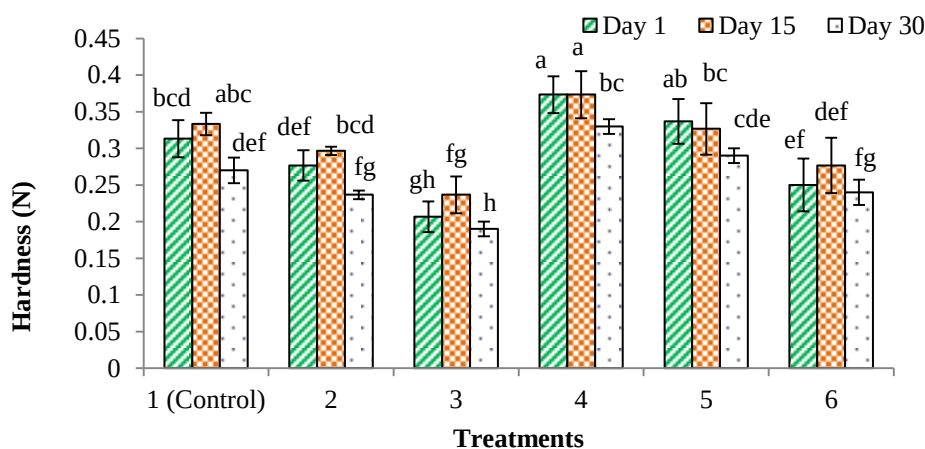


FIG 2. Hardness of different treatments of low fat ultrafiltrated cheese

۳-۳- شمارش کلی باکتری‌های اسید لاکتیک

بر اساس نتایج تحلیل واریانس جدول ۲، افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و همچنین گذشت زمان تأثیری معنی‌دار بر جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک داشتند ($p < 0.01$)؛ در حالی که میزان کاپا- کاراگینان تأثیر معنی‌داری بر این فاکتور نداشت ($p > 0.05$). همانگونه که در شکل A-۳ مشاهده می‌شود، تیمار آنزیمی سبب کاهش تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک شده است (تیمارهای ۴، ۵ و ۶). با گذشت ۱۵ روز از تولید نمونه‌ها، جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک از $7.33 \log \text{cfu/g}$ به $8.21 \log \text{cfu/g}$ افزایش یافت اما پس از آن و گذشت ۳۰ روز از تولید، جمعیت این باکتری‌ها به $7.01 \log$

$7.21 \log \text{cfu/g}$ کاهش یافت (شکل B-۳). در مطابقت با نتایج پژوهش حاضر، فام و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که با افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و همچنین گذشت زمان جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک در پنیر کاهش یافت [۳۱]. آنزیم ترانس گلوتامیناز هیچ اثر سمی بر باکتری‌های اسید لاکتیک ندارد ولی احتمال می‌رود که دلیل این کاهش، تأخیر در رشد باکتری‌های اسید لاکتیک باشد؛ زیرا پپتیدهای با وزن مولکولی پایین و همچنین اسیدآمین‌های مورد نیاز باکتری‌ها با آنزیم ترانس گلوتامیناز اتصال عرضی برقرار کرده و در نتیجه برای باکتری‌های اسید لاکتیک غیرقابل دسترس شده‌اند [۳۲].

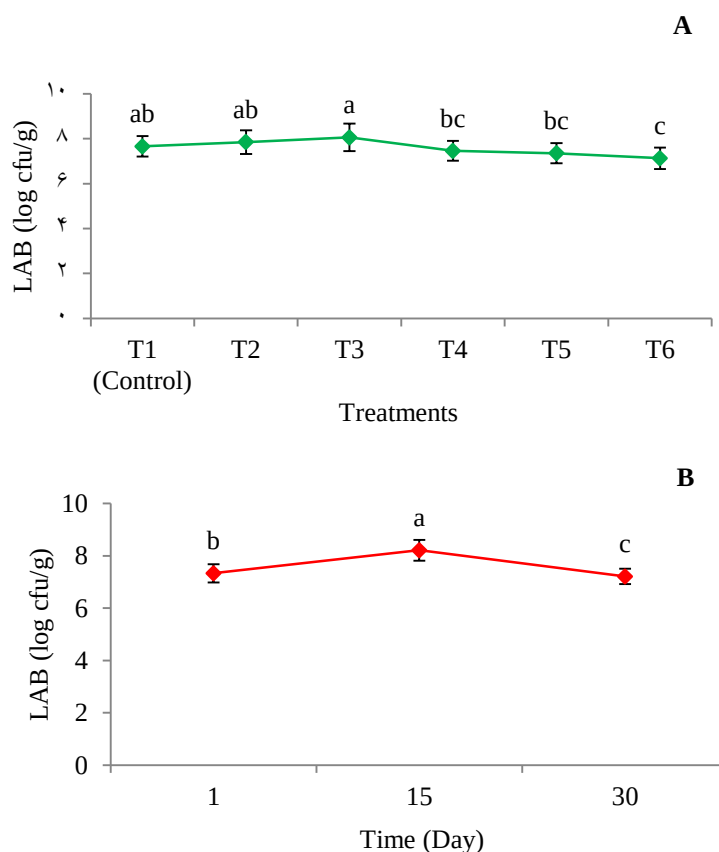


FIG 3. The effect of different treatments (A) and storage time (B) on the count of lactic acid bacteria (LAB)

از آنجایی که کاهش چربی در فرآورده‌های لبنی موجب تأثیرات منفی بر ظاهر، بافت و ویژگی‌های حسی این

۴- نتیجه‌گیری

حاوی ۰/۰۳ درصد صمغ با سایر نمونه‌ها مشاهده نشد. بنابراین در نهایت بر اساس یافته‌های حاصل از این تحقیق، نمونه تیمار شده با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و حاوی ۰/۰۳ درصد کاپا-کاراگینان به عنوان بهترین نمونه پنیر فرپالوده کم‌چرب از نظر ویژگی‌های حسی، سفتی بافت و نتایج میکروبی انتخاب شد.

۵- قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شده‌است و به این منظور نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند. همچنین از مسئولین محترم کارخانه پگاه خوزستان به‌ویژه آقای دکتر طالبی، آقای مهندس رفیعی و آقای مهندس فرهنگ به جهت همکاری در تولید نمونه‌های پنیر قدردانی می‌گردد.

۶- منابع

- [1] Jooyandeh, H., Goudarzi, M., Rostamabadi, H., and Hojjati, M. 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. *Food Science and Nutrition*, 5: 669-677.
- [2] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4): 2416-2425.
- [3] Nateghi, L. 2017. Investigation of physicochemical, sensory and microbiological characteristics of probiotic cheddar cheese during storage time. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 9 (2): 27- 39. [In Persian]
- [4] Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O. and Uysal, H. 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry*, 88: 381-388.
- [5] Napier, K. 1997. *Fat Replacers*. Project Coordinator: Ruth Kava, Ph.D., R.D. Prepared for the American Council on Science and Health. New York.
- [6] Azarnia, S., Ehsani, M.R., and Mirhadi, S.A. 1997. Evaluation of the physico chemical characteristic of the curd during the ripening of Iranian Brine cheese. *International Dairy Journal*, 7: 473-478.
- [7] Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O. and Vysal, H. 2001. Effects of some fat Mistry VU. Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*, 11: 413-422.
- [8] Dark M. A. and Swanson B. G. 1995. Reduced- and low-fat cheese technology: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 6: 366-369.
- [9] Erdem Y. K. 2005. Effects of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. *Journal of Food Engineering*, 71: 366-372.
- [10] Gharibzadeh, S. M. T., Koubaa, M., Barba, F. J., Greiner, R., George, S. and Roohinejad, S. 2018. Recent advances in the application of microbial transglutaminase crosslinking in cheese and ice cream products: A review.

- International Journal of Biological Macromolecules, 107: 2364- 2374.
- [11] Domagała, J., Najgebauer-Lejko, D., Wieteska-Śliwa, I., Sady, M., Wszolek, M., Bonczar, G. and Filipczak-Fiutak, M. 2016. Influence of milk protein cross-linking by transglutaminase on the rennet coagulation time and the gel properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (10): 3500– 3507.
- [12] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2017. Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 100: 5206–5211.
- [13] Mleko, S., Gustaw, W., Glibowski, P. and Pielecki, J. 2004. Stress relaxation study of UF-milk cheese with transglutaminase. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 32: 237-244.
- [14] Beirami F., Hojjati M. and Jooyandeh H. 2021. The effect of microbial transglutaminase enzyme and Persian gum on the characteristics of traditional kefir drink. *International Dairy Journal*, 112: 1-13 (104843).
- [15] Wen-qiong, W., Lan-wei, Z., Xue, H. and Yi, L. 2017. Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. *Food Chemistry*, 215: 31–40.
- [16] Torabi, F., Jooyandeh, H. and Noshad, M. 2021. Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45: 1-11.
- [17] Jooyandeh, H. 2009. Effect of fermented whey protein concentrate on texture of Iranian white cheese. *Journal of Texture Studies*, 40(5): 497- 51.
- [18] Mortazavi, S. A., Milani, E. and Moeenfar, M. 2015. Microbiological diversity in Kurdish cheese throughout ripening and its relationship with physicochemical and sensory characteristics. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11 (2): 140- 151. [In Persian]
- [19] Sporn, V., Ghanbarzadeh, B. and Hosseini, A. 2011. Study of the effect of carrageenan hydrocolloids and coagulants of glucono- delta-lactone and calcium chloride on rheological, physical and sensory properties of soy cheese (tofu). *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry*, 6 (1): 90- 81. [In Persian]
- [20] Safarkhanloo, Sh. And Abdolmaleki, F. 2022. The effect of adding Kunjak gum on the chemical, textural and sensory properties of tofu. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 19 (125): 59- 72.
- [21] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H. and Hojjati, M. 2017. Optimization of physicochemical, sensorial and color properties of ultrafiltrated low-fat Iranian white cheese containing fat replacers by Response Surface Methodology. *Iranian Journal Food Science Technology*, 14(63): 91-106. [In Persian]
- [22] Danesh, E., Jooyandeh, H., and Goudarzi, M. 2017. Improving the rheological properties of low-fat Iranian UF-Feta cheese by incorporation of whey protein concentrate and enzymatic treatment of transglutaminase. *Iranian Journal Food Science & Technology*, 14(67): 285-298. [In Persian]
- [23] Jooyandeh, H., Danesh, E., and Goudarzi, M. 2017. Influence of Transglutaminase Treatment on Proteolysis and Lipolysis of Low-Fat White-Brined Cheese Incorporated with Whey Proteins during Ripening. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 15(4): 31–44. [In Persian]
- [24] Schorsch, C., Carrie, H., Clark, A. H. and Norton, I. T. 2000. Cross-linking casein micelles by microbial trans-glutaminase: conditions for formation of transglutaminase-induced gels. *International Dairy Journal*, 10: 519-528.
- [25] Mazuknaite, I., Guyot, C., Leskauskaitė, D. and Kulozik, U. 2013. Influence of transglutaminase on the physical and chemical properties of acid milk gel and cottage type cheese. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11: 119-124.
- [26] Tsevdou, M. S., Eleftheriou, E. G. and Taoukis, P. S. 2013. Transglutaminase treatment of thermally and high pressure processed milk: Effects on the properties and storage stability of set yoghurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17: 144-152.
- [27] Alves, L. L., Richards, N. S. P. S., Mattanna, P., Andrade, D. F., Rezer, A. P. S., Milani, L. I. G., Cruz, A. G. and Faria, J.A.F. 2012. Cream cheese as a symbiotic food carrier using *Bifidobacterium animalis* Bb-12 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 and inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1): 63-69.
- [28] Jooyandeh, H., Mortazavi, S. A., Farhang, P. and Samavati, V. 2015. Physicochemical properties of set -style yoghurt as effect by microbial transglutaminase and milk solids contents. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(11S): 59 -67.
- [29] Rafiei, R., Roozbeh Nasiraei, L., Emam-Djomeh, Z. and Jafarian, S. 2022. Effect of rice starch hydrocolloid on fat content and

- rheological properties of low-fat mozzarella cheese. Iranian Journal of Food Science and Technology, 19 (122): 365- 375. [In Persian]
- [30] Jooyandeh, H. and Minhas, K.S. 2009. Effect of addition of fermented whey protein concentrate on cheese yield and fat and protein recoveries of Feta cheese. Journal of Food Science and Technology, 46(3): 221-224.
- [31] Pham, T. H., Pham, K. C., Huynh, A. T., Le Thi, N. U. and Trinh, K. S. 2021. Effect of transglutaminase on quality properties of fresh cheese. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 8 (4): 44-53.
- [32] Özer, B., Kirmaci, H. A., Oztekin, S., Hayaloglu, A. and Atamer, M. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. International Dairy Journal, 17 (3): 199- 207.



Scientific Research

The effect of transglutaminase enzyme and carrageenan gum on sensory, textural and microbial properties of low fat ultrafiltrated cheese

Ahlam Bohamid¹, Hossein Jooyandeh², Behrooz Alizadeh Behbahani³, Hassan Barzegar³

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

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

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

ABSTRACT

Because fat content has a great impact on the sensory properties of the cheese like appearance, taste and texture, its reduction causes fundamental changes in the sensory and structural characteristics of the product. Therefore, by using fat replacers, as well as to produce a healthy cheese, a product with an acceptable quality could be produced. In the present study, low-fat cheese samples (8% fat) were produced thru ultra-filtration (UF) method. To produce the cheese samples, kappa-carrageenan gum was applied at three levels (0, 0.03 and 0.06%) and transglutaminase was added at 2 levels (0 and 0.5 unit/g of protein). The low-fat sample without the gum and enzyme addition was considered as the control. All samples were evaluated in terms of sensory, textural and microbial characteristics after 1, 15 and 30 days of production. According to the results, the addition of gum caused a significant reduction of cheese hardness, while enzymatic treatment had adverse effect and it increased this parameter ($p < 0.01$). Addition of 0.03% of gum resulted in the higher taste and texture quality, but the sensory attributes of low-fat UF-cheese samples decreased at the higher level, i.e. 0.06%. Furthermore, results showed that enzymatic treatment caused a substantial reduction on lactic acid bacteria (LAB) count, while gum addition had no effect. Overall, as the time of storage increased and until the 15th day of storage, all the sensory scores, the cheese hardness and the count of LAB increased while at the end of 30th day of storage, all these parameters significantly decreased. In conclusion, according to the sensory evaluation and texture results, the low-fat UF-cheese containing 0.03% carrageenan treated with transglutaminase was selected as the best sample.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/5/31

Accepted: 2023/7/9

Keywords:

UF-cheese,
Fat replacer,
Hardness,
Flavor,
LAB count

DOI: 10.22034/FSCT.20.139.1

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.139.1.5

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