Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Impact of Transglutaminase Enzyme and Carrageenan Gum on Physicochemical, Color and Total Acceptability of Low Fat Ultrafiltrated Cheese

Ahlam Bohamid[1], Hossein Jooyandeh[2*], Behrooz Alizadeh Behbahani[3], Hassan Barzegar[4]

[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, Email: hosjooy@asnrukh.ac.ir
[3]4Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
[4]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-5-18
Revised: 2023-8-7
Accepted: 2023-9-19

Keywords:
Ultrafiltrated low-fat cheese
Syneresis
Soluble nitrogen
Color characteristics

ABSTRACT

Background and objectives: Nowadays, the demand for low-fat food products, such as cheese, has increased due to the increase in people's awareness about the relationship between fat and cardiovascular diseases. Therefore, the production of low-fat cheese with acceptable quality for consumers has great importance. The present study was conducted to investigate the effect of transglutaminase treatment and the addition of kappa-carrageenan gum, as a fat replacer, on the physicochemical, color and total acceptability of ultrafiltrated low-fat cheeses during 30 days cold storage (4 ˚C).

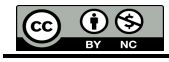
Materials and Methods: In this research, samples of ultrafiltrated low-fat cheese were produced from the retentate of ultrafiltrated milk in Pegah Company. Milk protein concentrate powder (containing 80% protein and 0.6% fat) was used to reduce the fat content of the cheese samples and adjust the fat percentage to 8%. Kappa-carrageenan was used in 3 different levels (0, 0.03 and 0.06%) in gum-incorporated samples. After adjusting the amount of fat in the retentate and the addition of gum, the retentate was homogenized at 70 bar. After pasteurizing at 75°C for 15 seconds, the temperature of the samples was reduced to 32°C and transglutaminase was added at 2 levels (zero and 0.5 Unit/g protein). A low-fat sample, without enzyme and gum, was also produced as control sample.

Results: Based on the results, all investigated variables had a significant effect on pH, soluble nitrogen and syneresis parameters ($p<0.01$); While these variables, except the amount of kappa-carrageenan, had no significant effect on the moisture content ($p>0.05$). The pH decreased by increasing the amount of kappa-carrageenan, while the amount of this factor increased in the presence of enzyme. Also, the pH showed a decreasing trend over the time. The amount of soluble nitrogen increased by increasing the amount of kappa-carrageenan in the low-fat samples and the addition of the enzyme caused a decrease in soluble nitrogen. On the other hand, the amount of soluble nitrogen showed an increasing trend over the time. The syneresis of all low-fat samples decreased by increasing the amount of kappa-carrageenan and transglutaminase. The highest percentage of syneresis was related to the control sample and the lowest percentage was

related to the sample containing 0.06% kappa-carrageenan and 0.5 units of transglutaminase. Moreover, increasing the amount of gum declined the color quality of the samples, but no significant difference in terms of Lightness was observed between the control and the samples containing 0.03% kappa-carrageenan ($p>0.05$). According to the results of sensory evaluation, the sample containing 0.5 Unit/g protein of transglutaminase enzyme and 0.03% gum scored as the best sample in terms of total acceptance

Conclusion: The results of this research revealed that low-fat ultrafiltrated cheese with a desirable quality can be produced by application of proper concentrations of kappa-carrageenan (0.03%) and transglutaminase (0.5Unit/g protein).

Cite this article: Bohamid, A., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Barzegar, H. 2023. Impact of Transglutaminase Enzyme and Carrageenan Gum on Physicochemical, Color and Total Acceptability of Low Fat Ultra filtrated Cheese. *Food Processing and Preservation Journal*, 15(2), 1-16.



© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21373.1759
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و صمغ کاراگینان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ و پذیرش‌کلی پنیر فراپالوده کم‌چرب

احلام بوحمید[۱]، حسین جوینده[۲*]، بهروز علیزاده بهبهانی[۳]، حسن برزگر[٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
[۲] استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
رایانامه: hosjooy@asnrukh.ac.ir
[۳] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
[٤] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۲/۲۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۵/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٦/۲۸

واژه‌های کلیدی:
پنیر فراپالوده کم‌چرب
سینرزیس
نیتروژن محلول
ویژگی‌های رنگ

چکیده

سابقه و هدف: امروزه با افزایش آگاهی مردم نسبت به ارتباط چربی با بیماری‌های قلبی-عروقی، تقاضا برای محصولات غذایی کم‌چرب از جمله پنیر افزایش یافته است. بر این اساس، تولید پنیر کم‌چربی که ویژگی‌های کیفی آن مورد قبول مصرف کنندگان باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز و افزودن صمغ کاپا-کاراگینان به‌عنوان جانشین چربی بر خواص فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های رنگ و پذیرش‌کلی پنیر فراپالوده کم‌چرب طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب از ناتراوه تولیدی کارخانه لبنی پگاه خوزستان تولید گردید. برای کاهش چربی نمونه‌ها و تنظیم درصد آن به ۸ درصد چربی، از پودر کنسانتره پروتئینی شیر (حاوی ۸۰ درصد پروتئین و ۰/٦ درصد چربی) استفاده شد. کاپا-کاراگینان در ۳ سطح مختلف (۰، ۰/۰۳ و ۰/۰٦ درصد) در نمونه‌های حاوی صمغ استفاده شد. پس از تنظیم مقدار چربی ناتراوه و افزودن صمغ، ناتراوه در فشار ۷۰ بار هموژن گردید. پس از پاستوریزاسیون نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، دمای نمونه‌ها به ۳۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در ۲ سطح (صفر و ۰/۵واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین) به ناتراوه اضافه شد. نمونه پنیر کم‌چرب فاقد آنزیم و صمغ به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: براساس نتایج، کلیه متغیرهای بررسی شده بر فاکتورهای pH، نیتروژن محلول و سینرزیس تأثیر معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۱$)؛ درحالی‌که این متغیرها، بجز مقدار صمغ کاپا-کاراگینان، بر رطوبت تأثیر معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان، pH کاهش یافت، در حالی که افزودن آنزیم سبب افزایش pH گردید. همچنین با گذشت زمان، میزان pH روند کاهشی را نشان داد. با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان در نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب، مقدار نیتروژن محلول افزایش یافت و افزودن آنزیم سبب کاهش نیتروژن

محلول گردید. از سوی دیگر، مقدار نیتروژن محلول با گذشت زمان روندی افزایشی را نشان داد. مقدار سینرزیس نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب نیز با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز کاهش یافت. بیشترین میزان سینرزیس مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان آن مربوط به نمونه حاوی ۰/۰٦ درصد صمغ کاپا-کاراگینان و ۰/۵ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بود. افزایش مقدار صمغ سبب کاهش کیفیت رنگ پنیر شد اما تفاوت معنی‌داری از نظر روشنایی میان شاهد و نمونه‌های حاوی ۰/۰۳ درصد کاپا-کاراگینان مشاهده نشد ($p>0/05$). برطبق نتایج ارزیابی حسی نمونه حاوی ۰/۵ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و ۰/۰۳ درصد صمغ بالاترین امتیاز پذیرش‌کلی نمونه‌ها را دریافت کردند.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از غلظت‌های مناسب صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (به‌ترتیب به مقدار ۰/۰۳٪ و ۰/۵ واحد به‌ازای هر گرم پروتئین ناتراوه) می‌توان پنیر فراپالوده کم‌چرب با کیفیتی مطلوب تولید نمود.

استناد: بوحمید، ا.، جوینده، ح.، علیزاده بهبهانی، ب.، برزگر، ح. (۱٤۰۲). تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و صمغ کاراگینان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ و پذیرش کلی پنیر فراپالوده کم چرب. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵(۳)، ۱٦-۱.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21373.1759

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

تولید شیر و محصولات شیری، به‌دلیل دارا بودن ترکیبات غنی از پروتئین و مواد مغذی ضروری بدن، یکی از فعالیت‌های مهم در صنایع غذایی محسوب می‌شود؛ به گونه‌ای که مصرف سرانه آن‌ها به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه جوامع انسانی مطرح است (۱ و ۲). از سوی دیگر متخصصان سلامت توصیه می‌کنند که مصرف روزانه چربی نباید از ۹۳٪ کل کالری در رژیم غذایی تجاوز کند، زیرا عدم رعایت این مسئله سلامت افراد را تهدید کرده و موجب گسترش بیماری‌های قلبی- عروقی در جامعه می‌شود (۳). لذا محصولات لبنی مانند پنیر هرچند منابع مهمی از مواد مغذی ضروری همچون پروتئین‌ها، املاح و ویتامین‌ها هستند اما با این وجود از عوامل اصلی دریافت اسیدهای چرب اشباع در رژیم غذایی نیز هستند. بنابراین، در سال‌های اخیر با افزایش تقاضا برای مصرف محصولات غذایی کم‌چرب، توجه محققان به محصولات لبنی کم‌چرب از جمله پنیرهای کم‌چرب نیز افزایش یافته است.

علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، چربی نقش مهمی در ویژگی‌های پنیر دارد. چربی از لحاظ فیزیکوشیمیایی بر ظاهر و بافت محصول تأثیر می‌گذارد و کاهش آن موجب افزایش سختی، چسبندگی، انسجام، الاستیسیته و نیز خشکی و دانه دانه شدن پنیر می‌شود؛ همچنین ویژگی ذوب شوندگی یا نرمی آن کاهش پیدا می‌کند. از لحاظ حسی نیز کاهش چربی باعث کاهش طعم، احساس دهانی، مزه، عطر و بوی محصول می‌شود؛ لذا باید از ترکیبات جایگزین چربی استفاده شود تا در کنار تولید محصولی سالم‌تر بتوان به عطر و طعم، بافت و ظاهر مورد قبولی دست پیدا کرد (٤ و ٥).

تولید پنیر کم‌چربی که ویژگی‌های کیفی آن مورد قبول مصرف کنندگان باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از معمول‌ترین روش‌های تولید پنیر کم‌چرب استفاده از جانشین‌های چربی می‌باشد (٦). به‌طورکلی، جانشین‌های چربی به منظور بهبود ویژگی‌های عملکردی و حسی محصول به‌همراه کاهش کالری آن به کار می‌روند؛ ضمن آن که کاربرد این ترکیبات هیچ اثر منفی بر عطر و طعم پنیر کم‌چرب ندارد. از آنجایی که کاهش چربی سبب کاهش کیفیت محصول می‌گردد، محققین و تولید کنندگان مواد غذایی به‌دنبال روش‌هایی به‌منظور تولید غذاهای کم‌چرب با طعم و بافت مشابه محصولات پرچرب می‌باشد. یکی از چالش‌های اصلی در فرمولاسیون پنیر کم‌چرب، نسبت پروتئین به چربی بالا است که منجر به ساختار فشرده، بافت سفت و لاستیکی، از دست دادن طعم، تلخی، خواص ذوب نامطلوب و ظاهری شفاف می‌شود (۵ و ٦). از این رو شیوه‌های جدیدی برای تولید پنیرهای کم‌چرب با ویژگی‌های مشابه پنیر پرچرب ابداع شد؛ از جمله می‌توان به مواردی همچون تغییر روش‌های معمولی فرایند تولید، انتخاب کشت‌های استارتر و کشت‌های کمکی و استفاده از جایگزین‌های چربی اشاره کرد. جایگزین‌های چربی محلول در آب و قطبی به دلیل محبوس کردن آب و خاصیت آبدوستی بالای خود بسیار توصیه شده‌اند و استفاده از آن‌ها به‌دلیل افزایش میزان جذب آب در فرآورده، سبب بهبود خواص رئولوژیکی و افزایش راندمان محصول می‌گردد (۷، ۸ و ۹).

کاراگینان پلی‌ساکاریدی با ساختار خطی و سولفاته می‌باشد که به‌واسطه خصوصیات ژل‌دهندگی، بهبود بافت و پایدارکنندگی کاربرد وسیعی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی پیدا کرده است. مکانیسم تثبیت میسل‌های کازئین توسط این صمغ، از طریق ایجاد اتصالات بین میسلی و تثبیت شبکه سه بعدی کازئین و در نتیجه ایجاد یک شبکه پیوسته می‌باشد. با افزایش مقدار کاراگینان، مقدار

استحکام ژل افزایش می‌یابد و با توجه به نوع و غلظت مورد استفاده از این هیدروکلوئید، میزان سینرزیس در شبکه ژل کاهش می‌یابد (۱۰ و ۱۱). علیرغم استفاده از کاراگینان در طیف وسیعی از محصولات لبنی، اطلاعات کمی در مورد استفاده از کاراگینان در پنیرسازی وجود دارد. با این وجود متون علمی و اختراعات ثبت شده نشان می‌دهند که افزودن کاراگینان می‌تواند بافت پنیر، حس دهانی و سایر ویژگی‌های کیفی محصول را بهبود بخشد (۱۲، ۱۳ و ۱٤).

پروتئین‌ها یکی از ترکیبات اساسی تشکیل‌دهنده مواد غذایی هستند؛ از این رو اصلاح آن‌ها از طریق روش‌های آنزیمی، شیمیایی یا فیزیکی می‌تواند سبب بهبود و یا توسعه خواص عملکردی جدید در محصول گردد. تیمار آنزیمی شیر پنیرسازی با ترانس‌گلوتامیناز میکروبی می‌تواند در بهبود ویژگی‌های بافتی پنیرهای کم‌چرب موثر باشد. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی یک آسیل ترانسفراز است که با تسهیل انتقال آسیل بین اسیدآمینه‌های لیزین و گلوتامین پروتئین‌های شیر، زمینه برقراری پیوندهای کووالان بین پروتئین‌های شیر را فراهم می‌کند (۱۵). در نتیجه‌ی این پیوندها یک ژل مقاوم به حرارت و پایدار تشکیل خواهد شد که با به دام انداختن آب بیشتر در ماتریس پنیر و درپی آن ارتقای نسبت رطوبت به پروتئین، علاوه بر بهبود ویژگی‌های پنیر کم چرب راندمان تولید را نیز بیشتر خواهد کرد. همچنین این آنزیم با افزودن اسیدهای آمینه ضروری موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول می‌شود اما غالباً تغییری در pH، رنگ، طعم و کیفیت تغذیه‌ای غذا ایجاد نمی‌کند (۱٦). پژوهش‌های مختلف افزایش نسبت رطوبت به پروتئین و در پی آن بهبود ویژگی‌های بافتی و رئولوژیک پنیرهای کم‌چرب سفید ایرانی را در نتیجه‌ی تیمار آنزیمی با ترانس‌گلوتامیناز میکروبی گزارش کرده‌اند (۱۷ و ۱۸).

از آنجایی که پنیر سفید فراپالوده به‌دلیل مزایای متعدد به‌ویژه راندمان بالاتر تولید به‌تدریج جایگزین پنیر سفید سنتی شده است (۱۹) و مقدار قابل توجهی از پنیر مصرفی در ایران را به خود اختصاص می‌دهد، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و صمغ کاراگینان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فاکتورهای رنگ پنیر کم‌چرب تولید شده به روش فراپالایش، به عنوان محصولی سالم، پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: جهت تولید پنیر فراپالوده کم‌چرب، از ناتراوه تهیه شده از شیر تازه، پودر کنسانتره پروتئینی شیر، باکتری‌های آغازگر پنیر و رنت استفاده شد. باکتری‌های آغازگر پنیر شامل آغازگرهای مزوفیل با نام تجاری CHOOZIT ۲۳۰ حاوی *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه‌ی *کرموریس* و *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* و آغازگرهای ترموفیل YO-۵۳۲ MIX محتوی سویه‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه *بولگاریکوس* شرکت دانیسکو دانمارک بودند. به‌عنوان انعقادگر، از رنت کی‌مکس شرکت لبنی کریستین هانسن دانمارک استفاده شد. پودر کنسانتره پروتئینی شیر از شرکت پگاه خراسان تهیه و برای تهیه نمونه‌های پنیر کم‌چرب استفاده شد. صمغ تجاری کاپا-کاراگینان نیز با نام تجاری ژنوژل از شرکت سی‌پی‌کلکو دانمارک تهیه شد.

تولید پنیر فراپالوده: در این پژوهش، نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب مطابق روش ترابی و همکاران (۲۰۲۱) در کارخانه لبنی پگاه خوزستان و با استفاده از ناتراوه تولیدی این کارخانه تولید شدند (۲۰). برای

کاهش چربی نمونه‌ها و تنظیم درصد آن به ۸ درصد چربی از پودر کنسانتره پروتئینی شیر (حاوی ۸۰ درصد پروتئین و ۰/٦ درصد چربی) استفاده گردید. در نمونه‌های حاوی صمغ، پودر کاپا-کاراگینان در ۳ سطح مختلف (۰، ۰/۰۳ و ۰/۰٦ درصد) استفاده شد. پس از تنظیم مقدار چربی ناتراوه و افزودن صمغ، ناتراوه در فشار ۷۰ بار هموژن گردید. پس از پاستوریزاسیون نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه، دمای نمونه‌ها به ۳۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در ۲ سطح (صفر و ۰/۵واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین) به ناتراوه اضافه شد. نمونه فاقد آنزیم و صمغ نیز به‌عنوان نمونه کم‌چرب (۸ درصد چربی و ۳٤ درصد ماده خشک) تولید و با سایر نمونه‌ها مقایسه گردید (جدول ۱). نمونه‌های پنیر فراپالوده در مدت ۳۰ روز نگهداری (در دوره‌های ۰، ۱۵ و ۳۰ روز) از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. شایان ذکر است که سطوح مختلف آنزیم و صمغ کاراگینان براساس آزمون‌های مقدماتی تعیین گردید.

جدول ۱. تیمارهای مختلف تولید پنیر فراپالوده کم‌چرب

Table 1. Different treatments of low fat ultrafiltrated cheese production

ترانس‌گلوتامیناز (واحد در هر گرم پروتئین) Transglutaminase (Unit/g protein)	کاراگینان (٪) Carrageenan (%)	تیمار Treatment
0	0	شاهد Control
0	0.03	2
0	0.06	3
0.5	0	4
0.5	0.03	5
0.5	0.06	6

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی: اندازه‌گیری pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال متروم مدل ۸۲۷ ساخت کشور سوئیس و با وارد کردن پروب pH متر به صورت مستقیم درون نمونه‌ها انجام شد (۲۱). رطوبت نمونه‌های پنیر به روش آون‌گذاری مطابق با روش‌های رسمی AOAC (۲۰۰۰) انجام گرفت (۲۱). ۵ گرم از نمونه یکنواخت شده از پنیر در ظرفی که به وزن ثابت رسیده بود ریخته شد و در آون ۱۰۵°C قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. اختلاف وزن پنیر تقسیم بر وزن نمونه به‌عنوان ماده خشک و برحسب درصد گزارش شد (۲۱). نیتروژن محلول در آب مطابق روش کرمی و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد و نتایج به‌صورت درصد نیتروژن کل در پنیر گزارش گردید (۲۲). در مورد ارزیابی میزان سینرزیس نمونه‌های پنیر، پس از باز کردن درب بسته‌های ۱۰۰ گرمی پنیر، کل آب موجود به داخل استوانه مدرج ریخته شد و میزان آب جدا شده بر حسب میلی‌لیتر در یک‌صد گرم پنیر گزارش گردید (۲۳).

سنجش رنگ: فاکتورهای رنگی نمونه‌های پنیر (LAB) با استفاده از دستگاه رنگ سنج سری CR-٤۰۰ ساخت ژاپن اندازه‌گیری شدند که در آن *L، *a و *b به‌ترتیب نشان‌دهنده سفیدی، قرمزی و زردی می‌باشند (۲٤).

پذیرش کلی: میزان پذیرش‌کلی نمونه‌های پنیر فراپالوده مطابق روش دانش و همکاران (۸) با کمی تغییرات انجام پذیرفت. نمونه‌های پنیر توسط ۲۰ نفر ارزیاب از طریق آزمون ترجیحی (هدونیک) ۹ نقطه‌ای طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال بررسی شد. برای محاسبه پذیرش‌کلی نمونه‌های پنیر فراپالوده، میانگین امتیازهای ٤ ویژگی حسی ظاهر، رنگ، بافت و طعم پس از اعمال ضریب اهمیت هر یک از صفات مذکور محاسبه و به‌عنوان امتیاز پذیرش کلی در نظر

گرفته شد. برای این منظور، برای ویژگی‌های طعم و بافت هرکدام ضریب ٤ و ظاهر و رنگ هرکدام ضریب ۱ در نظر گرفته شد.

آنالیز داده‌ها: با توجه به دو متغیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (۲ سطح) و صمغ کاراگینان (۳ سطح)، تعداد ٦ نمونه پنیر تولید گردید و ویژگی‌های نمونه‌ها طی مدت ۳۰ روز نگهداری در یخچال (۳ سطح ۱، ۱۵و۳۰ روز) مقایسه شد. بنابراین در مجموع تعداد ۱۸ نمونه در حداقل دو تکرار تولید شد و آنالیز داده‌های آزمایش توسط طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل ارزیابی شد. مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام و نمودارها توسط برنامه اکسل نسخه ۲۰۱۳ ترسیم شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی: نتایج تجزیه واریانس تأثیر متغیرهای مختلف (میزان صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فاکتورهای رنگ نمونه‌های پنیر فراپالوده طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال در جدول ۲ نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود کلیه متغیرهای بررسی شده بر فاکتورهای pH، نیتروژن محلول و سینرزیس تأثیر معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۱$)؛ در حالی که این متغیرها، بجز صمغ، بر رطوبت تأثیر معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$).

نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف بر خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان، pH کاهش یافته (شاهد> تیمار ۲> تیمار ۳ و تیمار ٤> تیمار ۵> تیمار ٦)، درحالی‌که با افزودن آنزیم مقدار pH افزایش یافته است (تیمارهای ٤، ۵ و ٦ حاوی آنزیم هستند و مقدار pH بیشتری را نسبت به نمونه شاهد، تیمارهای ۲ و ۳ که نمونه‌های بدون آنزیم هستند نشان می‌دهند). ولی همچنان در تیمارهای ٤، ۵ و ٦ به ترتیب روند کاهشی را با افزایش میزان صمغ در این تیمارها شاهد هستیم. همچنین با گذشت زمان، میزان pH روند کاهشی را نشان می‌دهد. از سوی دیگر در ارتباط با رطوبت نمونه‌ها، به استناد نتایج جدول ۳ رطوبت هیچکدام از نمونه‌ها متحمل تغییر معنی‌داری طی دوره انبارمانی نشد ($p>۰/۰۵$)؛ با این حال، روند تغییرات آن برای همه نمونه‌ها، در سراسر دوره نگهداری، یک روند افزایشی بود و کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه‌های شاهد کم‌چرب بود. البته با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲)، میزان صمغ کاپا-کاراگینان تأثیر چشمگیری بر رطوبت نمونه‌ها داشته است ($p<۰/۰۱$) درحالی‌که افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز تأثیر چندانی در این زمینه نداشته است ($p>۰/۰۵$). تحقیقات مختلف در زمینه بررسی تأثیر تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز بر فرآورده‌های مختلف لبنی و غیرلبنی مؤید اثر متفاوت تیمار آنزیمی بر میزان رطوبت بوده است که مهمترین دلایل آن، نوع و میزان غلظت آنزیم مورد استفاده و همچنین فعال یا غیرفعال بودن ترانس‌گلوتامیناز پس از تیمار آنزیمی عنوان شده است (۲۵ و ۲٦). در غلظت‌های پایین، تیمار آنزیمی از سینرزیس لخته پنیر طی مرحله برش‌زنی و دوره رسیدن جلوگیری می‌کند و در نتیجه محصولی با رطوبت بالاتر تولید می‌گردد. در مقابل، در غلظت‌های بالای آنزیم و به‌ویژه درصورتی که آنزیم غیرفعال نشود، به‌دلیل افزایش اتصالات ایزوپپتیدی بین پروتئین‌های شیر، شبکه کازئینی با اندازه ذرات و خلل و فرج کوچکتر تشکیل می‌شود که در نهایت منجر به انقباض بیشتر لخته پنیر و سینرزیس بالاتر و درنتیجه رطوبت کمتر در پنیر می‌شود (۲۵). در مطابقت با نتایج این تحقیق، دانش و همکاران (۸) گزارش کردند که تیمار آنزیمی

ترانس‌گلوتامیناز تأثیری بر نسبت رطوبت به پروتئین نمونه‌های پنیر سفید ایرانی فراپالوده کم‌چرب نداشت. جوینده و همکاران (۲۷) نیز در بررسی تأثیر تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز بر ویژگی‌های ماست چکیده تهیه شده از مخلوط شیر گاو و گاومیش، تفاوت معنی‌داری از نظر میزان رطوبت میان نمونه‌های تیمار شده با آنزیم و فاقد آنزیم گزارش نکردند.

در ارتباط با میزان نیتروژن محلول نیز همانگونه که مشاهده می‌شود (جدول ۳)، با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان در نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب، مقدار نیتروژن محلول افزایش یافته است (تیمار ۳> تیمار ۲> شاهد) این در حالی است که افزودن آنزیم سبب کاهش نیتروژن محلول گردید، به‌طوری‌که تیمارهای ٤، ٥ و ٦ حاوی آنزیم مقدار نیتروژن محلول کمتری نسبت به بقیه‌ی نمونه‌ها دارند)؛ ولی همچنان به‌ترتیب در تیمارهای ٤، ٥ و ٦ شاهد روند افزایشی نسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان هستیم. همچنین با گذشت زمان مقدار نیتروژن محلول روندی افزایشی را نشان می‌دهد. در واقع با افزایش رطوبت، میزان کیموزین وارد شده به دلمه افزایش می‌یابد و بدیهی است که با افزایش کیموزین، پروتئولیز تشدید می‌شود.

نتیجه تشدید فرآیند پروتئولیز را می‌توان در روند تغییرات pH مشاهده کرد. کاهش محتوای چربی از یک سو موجب افزایش رطوبت شده و در پی آن میزان کیموزین محلول و نسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل بالا رفته که منتج به افزایش گروه‌های کربوکسیل اسیدی و افزایش تبدیل لاکتوز به اسیدلاکتیک شده است و در نتیجه‌ی این عوامل pH کاهش یافته است (٦).

مقدار سینرزیس نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب نیز با افزایش میزان صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان سینرزیس مربوط به نمونه شاهد بود و کمترین میزان سینرزیس مربوط به تیمار ٦ (حاوی ۰/۰٦ درصد صمغ کاپا-کاراگینان و ۰/۵ واحد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز) بود. ماخال و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که استفاده از کاراگینان در تولید پنیر کاتیج موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در این محصول گردید (۲۸). درواقع، هیدروکلوئیدها با افزایش هیدراتاسیون محصول موجب کاهش سینرزیس در آن می‌شوند. مؤیدزاده و همکاران (۲۰۱۵)، ایجاد پیوندهای عرضی دائمی بین پروتئین‌های شیر توسط آنزیم ترانس‌گلوتامیناز را علت کاهش نفوذپذیری ژل و در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌های ماست کم‌چرب اعلام کردند؛ چراکه افزایش ظرفیت نگهداری آب موجب کاهش میزان سینرزیس می‌گردد (۲۹). همچنین اوزر و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش کردند که استفاده از آنزیم ترانس‌گلوتامیناز موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب ماست و کاهش میزان سینرزیس در آن می‌شود (۳۰).

پارامترهای رنگ‌سنجی: فضای رنگی *L، *a و *b، مدلی است که در آن *L بیانگر روشنایی رنگ و شاخص‌های *a (a+ قرمزی، a- سبزی) و *b (b+ زردی، b- آبی رنگ) بیانگر نوع رنگ هستند. نتایج تأثیر متغیرهای مختلف صمغ کاپا-کاراگینان، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و زمان نگهداری بر فاکتورهای رنگ در جدول ۲ نشان داده شده است. همانگونه که می‌توان مشاهده نمود، متغیرهای میزان صمغ و مدت زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر فاکتورهای روشنایی (*L) و سبزی (*b) داشتند ($p<۰/۰۱$). اما در مورد فاکتور قرمزی (*a)، فقط اثر متغیر زمان معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$). تأثیر آنزیم نیز بر کلیه‌های فاکتورهای رنگ معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲. تحلیل واریانس فاکتورهای رنگ (L*، a* و b*) و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر فراپالوده کم‌چرب

Table 2. Analysis Of Variance (ANOVA) for color (L*, a* and b*) and physicochemical properties of low fat ultrafiltrated cheese

منابع تغییر Change sources	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square							
		L*	a*	b*	pH	رطوبت Moisture	نیتروژن محلول Soluble Nitrogen	سینرزیس Syneresis	پذیرش کلی Total acceptance
صمغ Gum	2	25.45^{**}	0.01^{ns}	28.03^{**}	0.03^{**}	2.46^{**}	7.14^{**}	7.33^{**}	0.36^{**}
آنزیم Enzyme	1	7.57^{ns}	0.04^{ns}	0.58^{ns}	0.02^{**}	0.84^{ns}	4.43^{**}	1.21^{*}	0.03^{ns}
زمان Storage time	2	15.08^{**}	4.08^{**}	20.65^{**}	0.12^{**}	0.35^{ns}	19.42^{**}	6.27^{**}	0.23^{**}
صمغ × آنزیم Gum× Enzyme	2	0.36^{ns}	0.14^{ns}	0.004^{ns}	0^{ns}	0.01^{ns}	0^{ns}	0.005^{ns}	0.003^{ns}
صمغ × زمان Gum× Time	4	0.08^{ns}	0.08^{ns}	0.22^{ns}	0.001^{ns}	0.01^{ns}	0.06^{*}	0.04^{ns}	0.004^{ns}
آنزیم × زمان Time× Enzyme	2	0.46^{ns}	0.18^{*}	0.001^{ns}	0.003^{*}	0.003^{ns}	0.08^{*}	0.003^{ns}	0.01^{ns}
صمغ × آنزیم × زمان Gum× Enzyme ×Time	4	0.04^{ns}	0.01^{ns}	0.03^{ns}	0^{ns}	0.003^{ns}	0.07^{**}	0.004^{ns}	0.004^{ns}
خطای آزمایش Error	36	2.31	0.05	0.15	0.001	0.29	0.02	0.19	0.01

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطوح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشد.

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

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر فراپالوده کم‌چرب با مقادیر مختلف صمغ کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز

Table 3. Physicochemical properties of low fat ultrafiltrated cheese with different amounts of Carrageenan gum and Transglutaminase enzyme

تیمار ٦ Treatment 6	تیمار ٥ Treatment 5	تیمار ٤ Treatment 4	تیمار ٣ Treatment 3	تیمار ٢ Treatment 2	شاهد Control	زمان (روز) Time (Day)	خواص فیزیکوشیمیایی Physicochemical properties
4.46 ± 0.01^{cA}	4.50 ± 0.01^{bA}	4.53 ± 0.01^{aA}	4.43 ± 0.02^{dA}	4.47 ± 0.02^{bcA}	4.50 ± 0.02^{bA}	1	
4.36 ± 0.04^{cB}	4.00 ± 0.03^{abcB}	4.46 ± 0.01^{aB}	4.35 ± 0.06^{cB}	4.38 ± 0.02^{bcB}	4.43 ± 0.03^{abB}	15	pH
4.30 ± 0.03^{bcC}	4.35 ± 0.02^{abC}	4.39 ± 0.03^{aC}	4.21 ± 0.02^{dC}	4.29 ± 0.03^{cC}	4.35 ± 0.03^{abC}	30	
67.97 ± 0.49^{aA}	67.55 ± 0.61^{aA}	67.24 ± 0.47^{aA}	67.69 ± 0.55^{aA}	67.30 ± 0.55^{aA}	66.95 ± 0.52^{aA}	1	
68.12 ± 0.50^{aA}	67.61 ± 0.53^{aA}	67.38 ± 0.44^{aA}	67.80 ± 0.49^{aA}	67.39 ± 0.61^{aA}	67.16 ± 0.50^{aA}	15	رطوبت (٪) Moisture (%)
68.29 ± 0.55^{aA}	67.70 ± 0.50^{aA}	67.52 ± 0.44^{aA}	68.02 ± 0.54^{aA}	67.57 ± 0.73^{aA}	67.25 ± 0.54^{aA}	30	
6.17 ± 0.14^{bC}	5.45 ± 0.13^{cC}	4.99 ± 0.09^{dC}	6.91 ± 0.03^{aC}	6.06 ± 0.10^{bC}	5.35 ± 0.11^{cC}	1	
7.70 ± 0.19^{bB}	6.95 ± 0.07^{cB}	6.10 ± 0.13^{dB}	8.22 ± 0.19^{aB}	7.57 ± 0.18^{bB}	7.07 ± 0.17^{cB}	15	نیتروژن محلول (٪) Soluble Nitrogen (%)
8.15 ± 0.15^{bA}	7.53 ± 0.14^{cA}	7.17 ± 0.16^{dA}	8.61 ± 0.05^{aA}	8.04 ± 0.17^{bA}	7.52 ± 0.16^{cA}	30	
2.20 ± 0.60^{dAB}	2.88 ± 0.53^{bcdB}	3.59 ± 0.40^{abAB}	2.51 ± 0.61^{cdB}	3.22 ± 0.48^{abcB}	3.92 ± 0.34^{aAB}	1	
3.12 ± 0.62^{cA}	3.95 ± 0.27^{abcA}	4.29 ± 0.42^{abA}	3.48 ± 0.44^{bcA}	4.15 ± 0.42^{abA}	4.64 ± 0.52^{aA}	15	سینرزیس /میلی‌لیتر در یک‌صد گرم پنیر) Syneresis (ml/100 g cheese)
2.02 ± 0.26^{dB}	2.76 ± 0.29^{bcB}	3.27 ± 0.40^{abB}	2.31 ± 0.19^{cdB}	2.99 ± 0.23^{abB}	3.55 ± 0.47^{aB}	30	

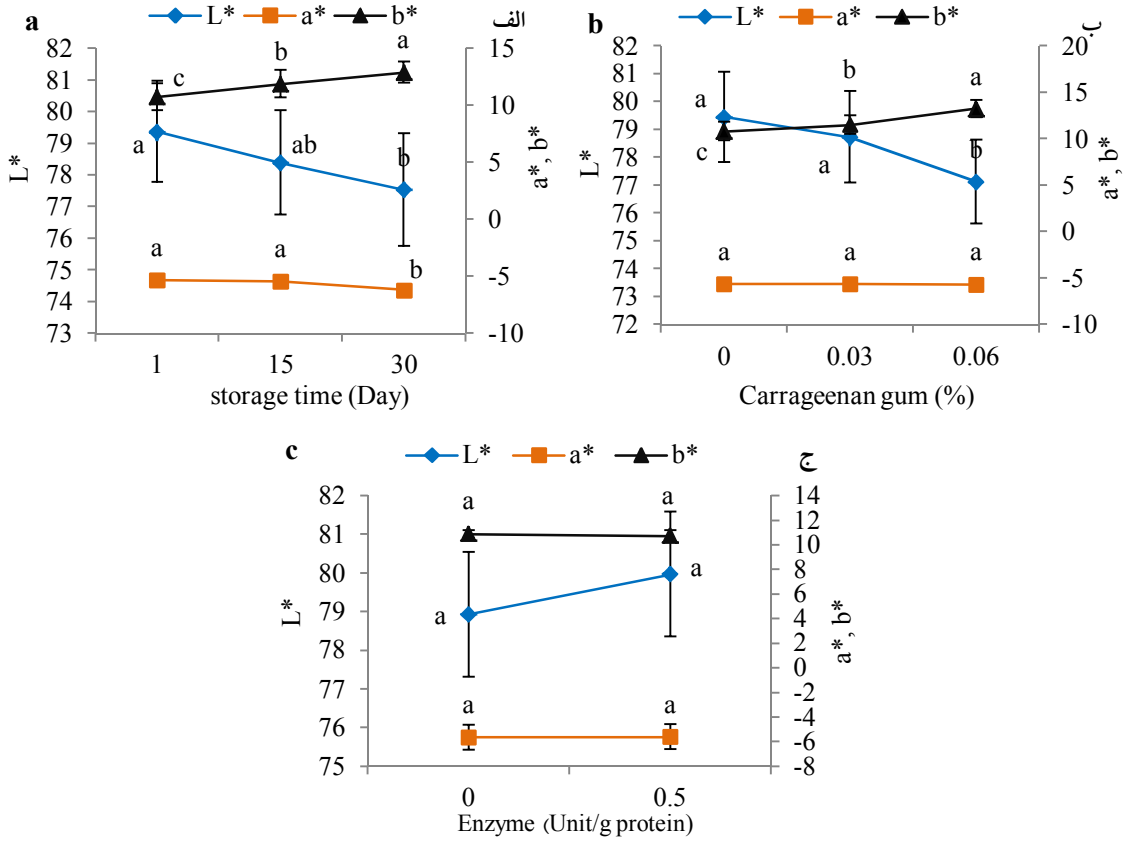
Different small and capital letters represent significant differences ($p<0.05$) in the rows and columns, respectively.

مقایسه میانگین نتایج تأثیر میزان صمغ کاپا-کاراگینان و مدت زمان نگهداری بر پارامترهای رنگ‌سنجی نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش میزان کاپا-کاراگینان، میزان روشنایی (L*) کاهش یافت (p<۰/۰۱)؛ هرچند تفاوت معنی‌داری میان شاهد با نمونه حاوی ۰/۰۳ درصد صمغ مشاهده نگردید. علت پایین‌تر بودن شاخص L* در نمونه حاوی ۰/۰۶ درصد کاپا-کاراگینان نسبت به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۰/۰۳ درصد کاراگینان می‌تواند به دلیل رطوبت بیشتر آن باشد زیرا با افزایش رطوبت و هیدراتاسیون پروتئین میزان پخش نور و سفیدی پنیر کاهش می‌یابد (٦). از سوی دیگر، تیمار آنزیمی بصورت جزئی سبب افزایش روشنایی پنیر شد (p>۰/۰۵). درواقع استفاده از میزان ۰/۵ واحد آنزیم به ازای هر گرم پروتئین در فرآیند تولید پنیر فراپالوده کم‌چرب موجب افزایش شاخص L* از ۷۸/۹۳ به ۷۹/۹۷ شد. میزان روشنایی پنیر به عوامل مختلفی همچون گلبول‌های چربی، میزان تخلخل پنیر و همچنین میزان آب موجود در دلمه بستگی دارد. از آنجایی که افزودن آنزیم موجب افزایش منافذ در دلمه پنیر می‌شود (۳۱)، می‌توان این افزایش جزئی در شاخص L* را به افزایش میزان تخلخل دلمه در اثر افزودن آنزیم نسبت داد. همچنین با گذشت زمان نگهداری، شاخص روشنایی کاهش معنی‌داری از ۷۹/۳۷ به ۷۷/٥٤ نشان داد (p<۰/۰۱).

با افزایش مقدارصمغ کاپا-کاراگینان، فاکتور قرمزی رنگ (a*) به مقدار بسیار جزئی افزایش یافت (p>۰/۰۵). تیمار آنزیمی نیز تأثیر چندانی (p>۰/۰۵) بر مقدار قرمزی نمونه‌ها نداشت؛ درحالی‌که با گذشت زمان نگهداری، شاخص a* افزایش معنی‌داری یافت (p<۰/۰۱). ریبوفلاوین موجب القای رنگ سبز می‌شود. از آنجایی که سینرزیس در فرآورده‌های لبنی موجب آزاد شدن سرم حاوی ریبوفلاوین می‌شود در نتیجه کاهش فاکتور a* (افزایش رنگ سبز) در نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب با گذشت زمان را می‌توان به کاهش سینرزیس در این نمونه‌ها نسبت داد (۳۲). همانگونه که در جدول ۳ نیز مشاهده می‌شود، با گذشت زمان از ۱۵ روز به ۳۰ روز، میزان سینرزیس در کلیه‌ی تیمارها کاهش یافته است و به موازات آن میزان a* کاهش یافته است (شکل ۱-الف).

همانطور که در شکل ۱-ب قابل مشاهده است، با افزایش صمغ کاپا-کاراگینان، فاکتور زردی (b*) افزایش معنی‌داری یافت (p<۰/۰۱) اما همانند شاخص روشنایی، تیمار آنزیمی تأثیری بر مقدار زردی نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب نداشت (p>۰/۰۵). با گذشت زمان نگهداری، این شاخص افزایش معنی‌داری یافت (p<۰/۰۵). این افزایش می‌تواند به دلیل انجام واکنش بیوشیمیایی مایلارد در پنیر باشد (۳۳). فرناندز و همکاران (۲۰۱۸) نیز نتایج مشابهی را برای پنیر سرانا گزارش کردند. طبق نتایج آن‌ها گذشت زمان موجب افزایش فاکتور زردی (b*) شد (۳٤).

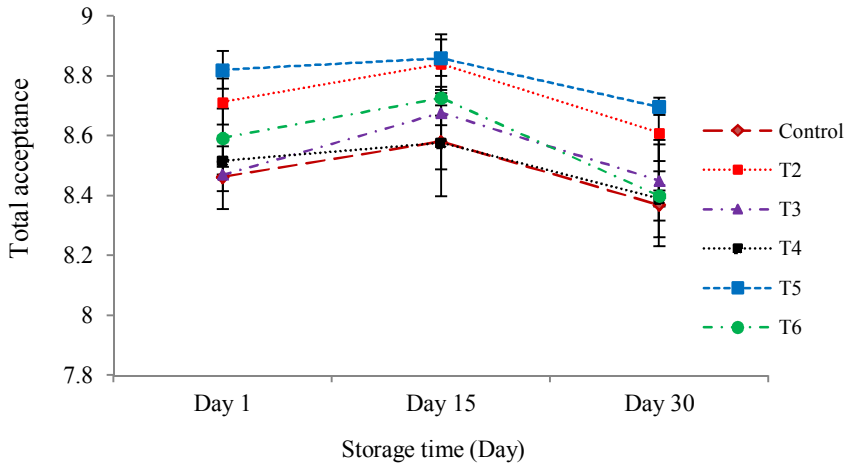
در مجموع با توجه به نتایج رنگ‌سنجی افزایش مقدار صمغ سبب کاهش کیفیت رنگ پنیر شد اما تفاوت معنی‌داری از نظر روشنایی میان شاهد و نمونه‌های حاوی ۰/۰۳ درصد کاپا-کاراگینان مشاهده نشد (p>۰/۰۵).



شکل ۱. فاکتورهای رنگ‌سنجی (*L، *a و *b) نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب طی زمان‌های مختلف نگهداری (الف) و مقادیر مختلف کاراگینان (ب) و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (ج)

Figure 1. Color parameters (L*, a* and b*) of low fat ultrafiltrated cheese during storage time (a), different amount of carrageenan (b) and Transglutaminase enzyme (c)

پذیرش کلی: نتایج تجزیه واریانس تأثیر متغیرهای مختلف صمغ کاپا-کاراگینان، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و زمان نگهداری بر پذیرش‌کلی نمونه‌های پنیر فراپالوده کم‌چرب در جدول ۲ آورده شده است. براساس نتایج، متغیرهای میزان صمغ و مدت زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر پذیرش‌کلی نمونه‌ها داشتند ($p<۰/۰۱$) درحالی‌که تأثیر آنزیم بر این فاکتور معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). همچنین نتایج مربوط به مقایسه میانگین پذیرش‌کلی تیمارهای مختلف پنیر فراپالوده کم‌چرب طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود (شکل ۲) با گذشت زمان نگهداری و تا روز پانزدهم پذیرش‌کلی تمام تیمارها بهبود یافته اما تمامی این امتیازات در پایان مدت نگهداری کاهش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۱$). کاهش پذیرش‌کلی فرآورده‌های لبنی تخمیری نظیر پنیر و کفیر در انتهای دوره‌ی نگهداری، غالباً به کاهش ترکیبات فرار مؤثر در طعم محصول به‌ویژه ترکیبات کربونیل و نیز افزایش اسیدیته فرآورده نسبت داده شده است (۳۵). همچنین طبق نتایج ثبت شده، ارزیابان امتیاز بالاتری به نمونه تیمار شده با آنزیم ترانس-گلوتامیناز و حاوی ۰/۰۳ درصد کاراگینان (تیمار ۵) دادند و آن را به عنوان بهترین نمونه از نظر خواص حسی انتخاب کردند. مطابق با نتایج حاصل از این تحقیق، اسپرن و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که افزودن ۰/۱٪ کاراگینان موجب بهبود ویژگی‌های حسی پنیر توفو می‌شود (۳۶).



شکل ۲- پذیرش کلی تیمارهای مختلف پنیر فراپالوده کم‌چرب طی زمان نگهداری

Figure 2. Total acceptance of different treatments of ultrafiltrated low-fat cheese during storage time

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از غلظت‌های مناسب صمغ کاپا-کاراگینان و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در فرمولاسیون پنیر تولیدی، می‌توان پنیر فراپالوده کم‌چرب با کیفیتی مطلوب تولید نمود. پنیر تولید شده از نظر خواص فیزیکوشیمیایی (سینرزیس کمتر) و حسی بهتر از نمونه شاهد کم چرب بود. هرچند با افزایش میزان صمغ، میزان روشنایی (L^*) پنیر کاهش می‌یافت، اما اختلاف معنی‌داری از این نظر میان نمونه‌های شاهد و حاوی ۰/۰۳ درصد صمغ مشاهده نگردید. براساس نتایج تحقیق حاضر، در میان کلیه‌ی تیمارها، تیمار ۵ (حاوی آنزیم و ۰/۰۳ درصد کاپا-کاراگینان) از نظر پذیرش کلی به‌عنوان بهترین نمونه توسط ارزیاب‌ها انتخاب شد. در نتیجه، با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان فرآورده‌ای سلامت‌بخش با میزان کالری پایین و خواص فیزیکوشیمیایی قابل قبول تولید نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت پشتیبانی مالی از این تحقیق اعلام می‌دارند.

References

1.Ostadzadeh, M., Abbasi, S., and Ehsani, M. 2012. Effects of ultrasound treatment on stability of cocoa-flavored milk. Iranian Journal of Nutrition Sciences Food Technology. 7(2): 47-56. (In Persian)

2.Keshtkaran, M., Mohammadifar, M., and Asadi, G. 2012. The effect of two types of Iranian gum tragacanth on some rheological, physical and sensory properties of date milk beverage. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 7(3): 31-42. (In Persian)

3.Livingstone, K.M., Lovegrove J.A., and Givens D.I. 2012. The impact of substituting SFA in dairy products with MUFA or PUFA on CVD risk: evidence from human intervention studies. Nutrition Research Reviews. 25: 193–206.

4.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.

5.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.
6.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 of Food Science and Technology. 14(63): 91-106. (In Persian)
7.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.
8.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 of Food Science and Technology. 14(67): 285-298. (In Persian)
9.Hassanpour Amnieh, A., Jooyandeh, H., Nasehi, B., and Hojjati, M. 2018. Investigation on Physicochemical and Rheological Properties of Malva Leaves Gum (*Malva Neglecta*). Journal of Food Technology and Nutrition. 15(2): 19-30. (In Persian)
10.Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B., Parker, A., and De Kruif, C.G. 2000. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. Food Hydrocolloids. 14: 273–280.
11.Verbeken, D., Bael, K., Thas, O., and Dewettinck, K. 2006. Interactions be-tween k-carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. International Dairy Journal. 16: 482–488.
12.Campbell, R., and Hotchkiss, S. 2017. Carrageenan industry market overview. In: Hurtado, A., Critchley, A., Neish, I. (eds.), Tropical seaweed farming trends, problems and opportunities, Developments in Applied Phycology. 9: 193–205.
13.Franck, A. 2006. Inulin. In: A.M. Stephen, G.O. Phillips, P.A. Williams (Eds.), Food polysaccharides and their applications (second edition). Taylor and Francis Group, Pp: 335–351.
14.Piculell, L. 2006. Gelling carrageenans. In: A.M. Stephen, G.O. Phillips, P.A. Williams (Eds.), Food polysaccharides and their applications (second edition). Taylor and Francis Group. Pp: 239–288.
15.Kouravand, F., Jooyandeh, H., Barzegar, H., and Hojjati, M. 2017. Characterization of cross□linked whey protein isolate□based films containing *Satureja khuzistanica* Jamzad essential oil. Journal of Food processing and preservation. 42(3): 1-10 (e13557).
16.Gaspar, A.L.C., and de Goes-Favoni, S.P. 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. Food Chemistry. 171: 315-322.
17.Sayadi, A., Madadlou, A., and Khosrowshahi, A. 2013. Enzymatic cross-linking of whey proteins in low fat Iranian white cheese. International Dairy Journal. 29: 88-92.
18.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.
19.Nazari, S.M., Hesari, J., Peighambardoust, S.H., and Azadmard, S. 2016. Free amino acid profile and textural and sensory characteristics of whey less feta cheese. Food Processing and Preservation Journal. 8(1): 87-105. (In Persian)
20.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 (e15572).
21.AOAC. 2000. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA.

22.Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, S.M., Rezaei, K., and Safari, M. 2009. Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. Food Chemistry. 112: 539–544.
23.Ghaemi, H., Hesari, J., and Pourahmad, R. 2012. Production of synbiotic UF Iranian white cheese using *Lactobacillus acidophilus* and inulin. Food Processing and Preservation Journal. 2(4): 19-32. (In Persian)
24.Saffari Samani, S., Jooyandeh, H., and Alizadeh Behbahani, B. 2023. The impact of Zedo gum based edible coating containing Zataria multiflora Boiss essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh buffalo meat. Journal of Food Measurement and Characterization. 17: 2663-2675.
25.Danesh, E., Jooyandeh, H., and Goudarzi, M. 2017. Influence of transglutaminase treatment and whey protein isolate on physicochemical, textural and organoleptic properties of low-fat white-brined cheese. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14(68): 1-16. (In Persian)
26.Kouravand, F., Jooyandeh, H., Barzegar, H., and Hojjati, M. 2017. Mechanical, barrier and structural properties of whey protein isolate□based films treated by microbial transglutaminase. Journal of Microbiology. Biotechnology and Food Sciences. 9(5): 960-964.
27.Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Noshad M., and Saffari Samani, E. 2022. Impact of transglutaminase enzyme on some characteristics of strained yoghurt prepared from cow and buffalo milk mixture. Food Processing and Preservation Journal. 14(2): 17-34. (In Persian)
28.Makhal, S., Giri, A., and Kanawjia, S.K. 2013. Effect of κ-carrageenan and tetrasodium pyrophosphate on the yield of direct acidified cottage cheese. Journal Food Science Technology. 50: 1200–1205.
29. Moayedzadeh, S., Khosroshahi asl, A., and Zomorodi, S. 2015. Effect of transglutaminase on proteolysis and rheological properties of nonfat yoghurt. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 11(4): 325-336. (In Persian)
30.Ozer, B., Kirmaci, H.A., and Oztekin, S. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat. International Dairy Journal. 17: 199–207.
31.Jooyandeh, H., Mehrnia, M.A., Hojjati, M., and Alizadeh Behbahani, B. 2023. Evaluation of effect of ultrasound and transglutaminase enzyme treatments on yield, physicochemical properties and microstructure of soy cheese. Innovative Food Technologies. 10(2): 119-133. (In Persian)
32.Kim, S.H., Lee, S.Y., Palanivel, G., and Kwak, H.S. 2010. Effect of *Discorea opposita* thunb. (yam) supplementation on Physicochemical and sensory characteristics of yogurt. Journal of Dairy Science. 94: 1705-1712.
33.Fresno, M., Álvarez, S., Rodríguez, V., Castro, N., and Argüello, A. 2006. Evaluation of the effect of rennet type on the texture and color of goat cheese. Journal of Applied Animal Research. 30: 157–160.
34.Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Barros, L., Mendonça, A., FerreiraIsabel, C.F.R., and de Sousa, F.R. 2018. Chemical and physicochemical changes in Serrana goat cheese submitted to extra-long ripening periods. LWT Food Science and Technology. 87: 33–39.
35.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).
36.Esparan, V., Ghanbarzadeh, B., and Hoseini, E. 2011. The effects of carrageenan and coagulants glucono-delta-lacton and calcium chlorideon on the rheological, physical and sensory properties of tofu. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 6(1): 81–90.