Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

# Impact of transglutaminase enzyme on some characteristics of strained yoghurt prepared from cow and buffalo milk mixture

**Hossein Jooyandeh[1*], Behrooz Alizadeh Behbahani[2], Mohammad Noshad[3], Elnaz Sffari Samani[4]**

[1]Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: hosjooy@asnrukh.ac.ir
[2]Assistant 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
[4]M.Sc., 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: 2021/10/22
Revised: 2022/01/06
Accepted: 2022/02/07

**Keywords**:
Transglutaminase
Strained Yoghurt
Buffalo Milk
Cow Milk
Physicochemical and Sensory Properties

**ABSTRACT**

**Background and objective:** Strained or concentrated yoghurt is a traditional milk product that its popularity and consumption has increased during recent years due to its higher nutritional value, longer shelf life, desirable textural and sensory properties, and today it is widely produced industrially. This product can be produced from many different animal milks such as buffalo, cow, goat, ewe and camel. The milk of various animals differs in chemical composition and therefore this factor can affect the characteristics of the final product. Identical to the other dairy products, strained yoghurt manufactured from buffalo milk has the higher quality than those produced from cow milk due to the higher total solids and fat content; but its utilization has limited because of its higher cost. Transglutaminase enzyme (TG), by creating inter- and intra-molecular cross linkages among proteins is known as an effective strategy to improve the functional properties of dairy products. TG treatment has been considered as a practical technique instead of increasing the total solids of milk (by adding skim milk powder). Therefore, the aim of this study was investigate the effect of TG enzyme treatment on physicochemical and sensory properties of strained yoghurt prepared from cow and buffalo milk mixture and introduce the best product with the lower buffalo milk substitution (with a more reasonable price).

**Materials and methods:** Strained yoghurt samples with different amounts of buffalo milk replacement with cow (0, 25, 50, 75 and 100%, v/v) and using TG enzyme (0 and 0.015%, w/v) were produced and 10 experimental treatments evaluated for physicochemical (pH, acidity (% lactic acid), syneresis (%) and dry matter (%)) and sensory properties (texture, color, odor and flavor) during 21 days of storage (1, 7, 14 and 21 days) under refrigeration conditions. The mean of obtained values were analyzed using a random factorial design and compared by Duncan test at 5% level.

**Results:** The results showed that increasing the substitution amount of buffalo milk with cow milk caused a significant increase in acidity and dry matter while it expressively reduced the pH and syneresis of yoghurt samples. Also, with increasing the TG enzyme concentration, the amount of acidity and syneresis decreased and the pH increased significantly, but this

variable had no significant effect on dry matter. By increasing the storage time, the pH decreased significantly and its initial value of 4.11 at the first day of storage reached to 3.98 at the end of 21 days of storage. The initial values of acidity, dry matter and syneresis as 0.98%, 20.69% and 4.45% increased till the end of storage and reached to 1.23%, 22.16% and 10.35%, respectively. In terms of sensory acceptability, increasing the concentration of enzyme caused a significant increase in texture score of the samples, while the enzyme had no significant effect on other sensory scores of the samples. With increasing the mixing rate of buffalo milk, the texture, colour and flavour scores of the samples increased significantly and the aroma score decreased. Furthermore, the sensory properties of the samples decreased significantly during the storage period.

**Conclusion:** According to the results of this study, by replacing 75% of buffalo milk with cow milk and using transglutaminase enzyme treatment (0.015%), it is possible to produce a strained yoghurt with suitable quality characteristics.

Cite this article: Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., Sffari 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.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJFPP.2022.19609.1681
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 بر برخی ویژگی‌های ماست چکیده تهیه شده از مخلوط شیر گاو و گاومیش

**حسین جوینده*[۱]، بهروز علیزاده بهبهانی[۲]، محمد نوشاد[۳]، الناز صفاری سامانی[۴]**

[۱]استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، رایانامه: hosjooy@asnrukh.ac.ir
[۲]استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
[۳]دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
[۴]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۷/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۱۰/۱٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۲/۰۸

واژه‌های کلیدی:
ترانس گلوتامیناز
ماست چکیده
شیر گاومیش
شیر گاو
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی

چکیده

**سابقه و هدف:** ماست چکیده یا ماست تغلیظ‌شده فرآورده سنتی شیر است که به‌دلیل داشتن ارزش تغذیه‌ای بالاتر، قابلیت ماندگاری بیش‌تر، و ویژگی‌های بافتی و حسی مطلوب، مصرف آن در طی سال‌های اخیر افزایش یافته است و اکنون به‌طور گسترده‌ای در مقیاس صنعتی تولید می‌شود. این محصول می‌تواند از شیر دام‌های مختلف مانند گاومیش، گاو، بز، میش و شتر تولید شود. شیر دام‌های مختلف از لحاظ ترکیبات شیمیایی متفاوت است و بنابراین این عامل می‌تواند ویژگی‌های محصول نهایی را تحت تأثیر قرار دهد. همانند سایر محصولات لبنی، ماست چکیده‌ی تولید شده از شیرگاومیش نسبت به شیر گاو به‌دلیل ماده خشک و چربی بیشتر از کیفیت بالاتری برخوردار است، اما به‌دلیل قیمت بالای آن، تولید محصولات لبنی از شیر گاومیش محدود شده است. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (TG) با ایجاد اتصالات درون و برون مولکولی میان پروتئین‌ها به‌عنوان یک استراتژی کارآمد جهت بهبود ویژگی‌های عملکردی فرآورده‌های لبنی شناخته شده است. استفاده از آنزیم TG به‌عنوان روشی کاربردی به‌جای افزایش مواد جامد شیر (با افزودن پودر شیر پس‌چرخ) مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تیمار آنزیمی TG بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چکیده تهیه شده از مخلوط شیر گاو و گاومیش بود تا بر اساس نتایج تحقیق بتوان نمونه‌ی مطلوب با حداقل میزان شیرگاومیش (با قیمتی مناسب‌تر) را معرفی نمود.

**مواد و روش‌ها:** نمونه‌های ماست چکیده با مقادیر مختلف جایگزینی شیر گاو با گاومیش (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵و ۱۰۰ درصد، حجمی/ حجمی) و با استفاده از آنزیم TG (۰ و ۰/۰۱۵ درصد، وزنی/ حجمی) تولید و ۱۰ تیمار آزمایشی تحقیق از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته (درصد اسید لاکتیک)، سینرزیس (درصد) و ماده خشک (درصد)) و حسی (بافت، رنگ، رایحه و طعم) طی مدت ۲۱ روز نگهداری (زمان ۱، ۷، ۱٤ و ۲۱ روز) در دمای یخچال ارزیابی شدند. مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده با کمک طرح تصادفی در قالب فاکتوریل و با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد آنالیز گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد افزایش میزان جایگزینی شیر گاو با گاومیش به‌طور معنی‌داری باعث افزایش اسیدیته و ماده خشک و کاهش pH و سینرزیس نمونه‌های ماست گردید. همچنین با افزایش میزان غلظت آنزیم TG، اسیدیته و سینرزیس کاهش و مقدار pH به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، اما این متغیر بر ماده خشک تأثیر معنی‌داری نداشت. با گذشت زمان نگهداری، مقدار pH به‌طور معنی‌داری کاهش و مقدار آن از ٤/۱۱ در روز اول نگهداری به ۳/۹۸ در روز ۲۱ نگهداری رسید. میزان اسیدیته، ماده خشک و سینرزیس نیز

به‌ترتیب از مقادیر اولیه ۰/۹۸، ۲۰/٦۹ و ٤/٤٥ درصد به مقادیر ۱/۲۳، ۲۲/۱٦ و ۱۰/۳۵ درصد در پایان زمان نگهداری افزایش یافت. از نظر مقبولیت حسی، افزایش غلظت آنزیم به‌طور معنی‌داری سبب افزایش امتیاز بافت نمونه‌ها گردید، در حالی که آنزیم بر سایر امتیازات حسی نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش، به‌طور معنی‌داری امتیاز بافت، رنگ و طعم نمونه‌ها افزایش و امتیاز رایحه کاهش یافت. به علاوه، ویژگی‌های حسی نمونه‌ها طی مدت زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این پژوهش، با جایگزینی ۷۵ درصد شیر گاومیش با شیر گاو و به کارگیری تیمار آنزیم ترانس‌گلوتامیناز (۰/۰۱۵ درصد) می‌توان ماست چکیده‌ای با ویژگی‌های کیفی مناسب تولید نمود.

استناد: جوینده، ح.، علیزاده بهبهانی، ب.، نوشاد، م.، صفاری سامانی، ا. (۱٤۰۱). تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر برخی ویژگی‌های ماست چکیده تهیه شده از مخلوط شیر گاو و گاومیش. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱٤ (۲)، ۳٤-۱۷.

DOI: 10.22069/EJFPP.2022.19609.1681

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

## مقدمه

گاومیش در اقتصاد بسیاری از کشورها نقش مهمی دارد. شیر گاومیش بعد از شیر گاو با نرخ بیش از ۱۲ درصد از شیر تولیدی جهان در رتبه دوم و در ایران پس از شیر گاو، گوسفند و بز در رتبه چهارم قرار دارد. شیر گاومیش در مقایسه با شیر گاو از مواد مغذی بیش‌تری تشکیل شده و همچنین بازده محصول به‌دست آمده از آن هم بیش‌تر است. در واقع میزان بالای پروتئین، چربی، مواد معدنی مانند کلسیم و منیزیم، ویتامین‌ها و همچنین مقدار پایین کلسترول، شیر گاومیش را به ماده اولیه مناسب جهت تولید طیف گسترده‌ای از فراورده‌های لبنی تبدیل نموده است (۱، ۲). هر چند عمدتاً از شیر گاومیش برای تهیه خامه و تولید پنیر موزارلا استفاده می‌شود، ولی اخیراً استفاده از شیر گاومیش جهت تولید ماست به‌عنوان گزینه‌ای مناسب مورد توجه قرار گرفته است (۳). ماست حاصل از شیر گاومیش در مقایسه با ماست خاصل از شیر سایر دام ها، همانند گاو از بافت محکم‌تری برخوردار است (٤). ماست چکیده، یک فراورده تخمیری قدیمی شیر با بافت خمیری سفید تا کرم‌رنگ است که با خارج نمودن بخشی از آب ماست تولید می‌گردد. محبوبیت و مصرف این محصول به‌دلیل داشتن ارزش تغذیه‌ای بالاتر، قابلیت ماندگاری بیش‌تر، و ویژگی‌های بافتی و حسی مطلوب در طی سال‌های اخیر افزایش یافته است (٤). مهم‌ترین فرایند در تولید ماست چکیده، خروج آب ماست از محصول است چرا که در طی آن، تغییرات بافتی و ترکیبات ماست اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر پذیرش ماست ویژگی‌های بافتی (ویسکوزیته و سینرزیس)، میزان عطر و اسیدیته‌ی محصول است (۵). این پارامترها ممکن است به‌طور قابل توجهی با افزودن هیدروکلوئیدها، ترکیب شیر (مقدار و نوع مواد تشکیل دهنده شیر) و شیوه فرآوری (تیمار حرارتی، هموژنیزاسیون، تیمار آنزیمی و غیره) تحت تأثیر قرار گیرند.

آنزیم ترانس‌گلوتامیناز[1] (EC 2.3.2.13) انتقال آسیل بین گروه‌های گاماکربوکسی‌آمید گلوتامین و گروه‌های اپسیلون آمینولیزین را کاتالیز می‌کند (٦، ۷). تیمار آنزیمی ترانس‌گلوتامیناز (TG) در نهایت منجر به تشکیل اتصالات درون و بین مولکولی جدید می‌شود که به اصلاح ساختار و عملکرد پروتئین‌ها منجر می‌شود (۸). میزان اتصالات عرضی توسط آنزیم به ساختار مولکولی هر یک از سوبستراهای پروتئینی بستگی دارد (۷). در میان پروتئین‌های شیر، پروتئین کازئین به‌خصوص کازئینات سدیم، سوبسترای مناسبی برای آنزیم TG است. در مقابل، پروتئین‌های سرمی در حالت طبیعی به‌دلیل پایداری ساختار کروی‌شان به‌وسیله پیوندهای دی‌سولفیدی تمایل کم‌تری به واکنش‌های اتصالات عرضی دارند؛ هرچند با دناتوراسیون حرارتی، اتصالات عرضی پروتئین‌های سرمی نیز بهبود می‌یابد (۹). اگرچه مطالعات مختلفی در مورد امکان به‌کارگیری آنزیم TG در تولید محصولات مختلف لبنی نظیر پنیر (۱۰، ۱۱)، بستنی (۱۲)، پودر شیر خشک (۱۳)، دوغ (١٤) و کفیر (١٥) انجام شده است، اما بیشترین تحقیقات روی بهبود ویژگی‌های کیفی ماست صورت گرفته است. اوزر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که استفاده از غلظت‌های مختلف آنزیم TG در ماست سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی محصول در طی ۲۱ روز نگهداری گردید و در مقابل تولید استالدهید با افزایش غلظت آنزیم در طی مدت زمان مذکور روند نزولی داشت (۳۱). سنلی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر آنزیم TG بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست نشان دادند که افزودن آنزیم تغییر قابل توجهی در ویژگی‌های

1. Transglutaminase

شـــیمیـایی ماســـت ایجاد نکرد در حالی‌که منجر به افزایش اسـتحکام ژل و کاهش سـینرزیس در ماسـت گردید (۱٦). فرانس ورث و همکاران (۲۰۰٦) و گاچ و همکاران (۲۰۰۹) نشـان دادند که اسـتفاده از آنزیم TG سبب افزایش استحکام ژل و کاهش سینرزیس در نمونه‌های ماســت گردید (۱۷، ۱۸). دینکی (۲۰۱۲) گزارش کرد کـه به‌کارگیری غلظت‌های مختلف آنزیم TG بر پارامترهای بافتی ماسـت چکیده اثر معنی‌داری نداشـت درحالی‌که سـبب بهبود ظرفیت نگهداری آب گردیـد و بر ویژگی‌هـای حســی نمونـه‌هـا هم اثر معنی‌داری نداشـــت (۵). زیارنو و زاربا (۲۰۲۰) بیان داشـــتنـد کـه میزان تأثیر تیمار آنزیمی TG بر کیفیت ماسـت تا حدود زیادی بستگی به زمان استفاده از این آنزیم (قبل یا همزمان با تخمیر شیر) دارد (۱۹).

به‌دلیل هزینه بالای استفاده از پودرهای پروتئینی و شیر خشک در بسیاری از کشورها از جمله ایران و از طرف دیگر بـا توجـه بـه ممنوعیـت اسـتفـاده از پایدارکننده‌ها در تولید ماســت و ماســت چکیده، در پژوهش حاضر سعی گردید که با تیمار آنزیمی TG و جایگزینی بخشـــی از شـــیر گاو با گاومیش، ماســت چکیده‌ای با ویژگی‌های بافتی و حسـی مطلوب بدون اسـتفاده از مواد قوام‌دهنده تولید شـود و ویژگی‌های فیزیکوشـیمیایی و حسـی محصول در طول مدت ۲۱ روز نگهداری بررسی شود.

## مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** شـــیر خام (گاو و گاومیش) از ایســـتگاه تحقیقاتی دامپروری دانشـگاه علوم کشـاورزی و منابع طبیعی خوزستان تهیه گردید. برای تهیه ماست از مایه ماسـت YF-L811 (شرکت کریستین هنسن دانمارک) حـاوی بـاکتری‌های *لاکتوباســیلوس بولگاریکوس* و *اسـترپتوکوکوس ترموفیلوس* اسـتفاده گردید. از آنزیم تـرانـس‌گـلـوتـامیـنـاز تهیـه شـــده از میکروب *اســترپتوورتیســلیوم* بـا نام تجاری ACTIVA YG (شـــرکت آجینوموتو فرانســـه) با میزان فعالیت ۱۰۰ واحد به ازاء هر گرم پروتئین اسـتفاده شـد. ترکیبات آنزیم ترانس‌گلوتامیناز مورد اســـتفاده شـــامل لاکتوز، عصـــاره مخمر، مالتودکســـترین، روغن گیاهی و آنزیم ترانس‌گلوتـامینـاز بود. همچنین مواد شـــیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از درجه خلوص بالا برخوردار بود و از شرکت مرک آلمان یا سیگما خریداری شد.

**روش تولید نمونه‌های ماســت:** قبل از تهیه نمونه‌های ماسـت، ابتدا چربی شیر گاو وگاومیش به ۲/۵ درصد تنظیم شد و سپس شیر گاومیش در مقادیر مختلف (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصـد) جایگزین شیر گاو مورد اســـتفاده در تهیه‌ی ماســـت چکیده گردید. ســـپس نمونـه‌هـای شـــیر (هر کدام ۵ کیلوگرم) در دمای ۹۰ درجـه ســـانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه حرارت دیدند (۲۰). در ادامـه، آنزیم TG در مقـادیر صـــفر (نمونه شـاهد) و ۰/۰۱۵ درصـد به شـیر با دمای ٤۵ درجه سـانتی‌گراد اضـافه شد و نمونه‌ها به‌مدت ٦۰ دقیقه در انکوباتور (Binder، سـاخت انگلسـتان) در دمای ٤۵ درجه سـانتی‌گراد نگهداری شـدند. سـپس به‌منظور غیرفعال‌سـازی آنزیم، تیمار حرارتی (دمای ۸۰ درجه سـانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه) صـورت پذیرفت (۲۱). در ادامـه، دمـای شـیر تـا دمـای تلقیح (٤۵ درجـه سـانتی‌گراد) کاهش داده شد و مقدار ۳ درصد استارتر ماســـت به آن افزوده گردید. در این مرحله نمونه‌های شـیر مایه زده شده تا رسیدن pH به ٤/٦ در انکوباتور (٤٤ درجه سـانتی‌گراد) نگهداری شـد. پس از مرحله تخمیر، نمونه‌ها خنک شـــدند و در یخچال ٤ درجه ســـانتی‌گراد به مدت ۲ ســـاعت قرار گرفتند. ســـپس نمونه‌های ماست به‌منظور آب‌گیری به درون کیسه‌های نخی منتقـل و در همـان دمـای ٤ درجه ســـانتی‌گراد به‌مدت ۱۰-۱٤ ســـاعت نگهداری شـــدند. در نهایت نمونه‌های ماســـت چکیده در ظروف یکبار مصـــرف

پلی‌استایرنی استریل (توسط امواج UV) پر و بسته‌بندی شدند و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۵).

**آزمون‌های فیزیکوشیمیایی**

**اندازه‌گیری pH و اسیدیته:** سنجش pH نمونه‌های ماست در دمای اتاق با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (METROHM، مدل ۸۲۷، ساخت کشور سوئیس) و با وارد کردن مستقیم پروب دستگاه در نمونه‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد. بدین‌منظور در ابتدا دستگاه با استفاده از بافر ۷ و ٤ کالیبر گردید (۲۲). اسیدیته قابل تیتراسیون (بر حسب اسید لاکتیک) نیز با استفاده از روش استاندارد ملی ایران (شماره ۲۸۵۲) اندازه‌گیری شد.

**اندازه‌گیری آب‌اندازی (سینرزیس):** میزان آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (GMBH، مدل Z206A، ساخت کشور آلمان) ارزیابی گردید. بدین منظور ابتدا ۱۰ گرم از نمونه‌های ماست در لوله فالکون توزین و در سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس سرم آزاد شده در بالای لوله فالکون جمع‌آوری و توزین گردید و میزان آب‌اندازی نمونه‌ها طبق رابطه زیر محاسبه گردید (۱۷).

رابطه ۱)

درصد آب‌اندازی = (وزن اولیه نمونه/ وزن سرم جدا شده) ×۱۰۰

**اندازه‌گیری ماده خشک:** ماده خشک نمونه‌ها براساس روش استاندارد (۲۰۰۲) با استفاده از دستگاه آون (Binder، ساخت آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (تا رسیدن به وزن ثابت) اندازه‌گیری شد (۲۳).

**آزمون‌های ارزیابی حسی:** ویژگی‌های ارگانولپتیکی شامل رنگ، رایحه، بافت و طعم در روزهای ۱، ۷، ١٤ و ۲۱ با استفاده از تست هدونیک ۹ نقطه‌ای توسط ۱۵ ارزیاب نیمه‌آموزش[1] دیده بررسی شد. نمونه‌ها در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و در ظروف ۱۰۰ گرمی پلاستیکی به‌همراه فرم ارزشیابی حسی به‌شکل تصادفی به ارزیابان ارائه شد. رایحه نمونه‌ها بعد از برداشتن درب ظرف ماست ابتدا مورد ارزیابی قرار گرفت. از آب برای شستشو دهان بین ارزیابی حسی نمونه‌ها استفاده شد (٢٤).

## تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش با توجه به مقادیر مختلف جایگزینی شیر گاومیش با گاو (در ۵ سطح، ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و آنزیم (در ۲ سطح صفر و ۰/۰۱۵ درصد)، تعداد ۱۰ تیمار ماست تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌ها طی مدت زمان ۲۱ روز نگهداری (زمان ۱، ۷، ١٤، ۲۱ روز) ارزیابی گردید. تجزیه داده‌ها با کمک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. نمودارها با بهره‌گیری از نرم افزار Excel ترسیم و گزارش شد (۲۵).

## نتایج و بحث

**ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تغییرات pH و اسیدیته:** نتایج آنالیز آماری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ماست نشان داد که اثر غلظت آنزیم TG، میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری بر مقادیر pH و اسیدیته معنی‌دار بود ($p<۰/۰۰۰۱$). همچنین اثر متقابل دو متغیر آنزیم و میزان اختلاط

1.Semi-trained panel

شیر گاومیش نیز بر میزان pH (p<۰/۰۰۰۱) و اسیدیته (p<۰/۰۰۲) معنی‌دار بود، ولی سایر اثرات متقابل بر این فاکتورها معنی‌دار نبودند. مطابق نتایج به‌دست آمده، با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش، pH به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۰۰۱) کاهش یافت. در واقع بیشترین میزان pH (٤/۱۱) مربوط به نمونه فاقد شیر گاومیش و کم‌ترین میزان آن (۳/۹٦) مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش بود. اسیدیته نمونه‌های ماست نیز با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش به‌شکل معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین میزان اسیدیته (۱/۲۳ درصد اسید لاکتیک) در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و کم‌ترین میزان آن (۱/۰٤ درصد اسید لاکتیک) در نمونه فاقد شیر گاومیش مشاهده گردید. دلیل این امر را می‌توان به بالاتر بودن ماده خشک شیر گاومیش و تولید بیشتر اسید لاکتیک توسط باکتری‌های آغازگر ماست نسبت داد (۲٦). طبق مطالعات انجام شده توسط پتریدیس و همکاران (۲۰۱٤)، با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش، اسیدیته نمونه‌های ماست چکیده افزایش یافت (٤) که با پژوهش حاضر مطابقت داشت. حسنی زعفرانی و همکاران (۱۳۹٦) نیز مقدار اسیدیته‌ی پایین‌تر را در ماست گاومیش نسبت به ماست گاو گزارش کردند و دلیل آن را به بالاتر بودن مقدار چربی شیر گاومیش و ماست به‌دست آمده از آن نسبت دادند (۲۷). با افزایش غلظت آنزیم، pH و اسیدیته نمونه‌های ماست چکیده به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۰۰۱) افزایش و کاهش یافتند. همچنین، بررسی اثر متقابل آنزیم و میزان اختلاط شیر گاومیش نیز نشان داد که بیش‌ترین pH و کم‌ترین اسیدیته برای نمونه حاوی ۰/۰۱۵ درصد آنزیم و فاقد شیر گاومیش و کم‌ترین pH و بیشترین اسیدیته برای نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و فاقد آنزیم به‌دست آمد (جدول ۱). علت کاهش اسیدیته در نتیجه‌ی تیمار آنزیمی TG احتمالاً به‌دلیل ایجاد اتصالات عرضی درون و برون مولکولی توسط آنزیم و به‌دام انداختن پپتیدهای مورد نیاز برای رشد و فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست می‌باشد (۸). درهرحال، آلوگلو و اونر (۲۰۱۳) در بررسی اثر آنزیم TG بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست لبنه حاصل از شیر بز اختلاف معنی‌داری از نظر مقادیر اسیدیته و pH بین نمونه شاهد و نمونه‌های تیمارشده با آنزیم مشاهده گزارش نکردند که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت نداشت. این محققین اذعان داشتند که ویژگی‌های شیمیایی انواع ماست چکیده، بسته به نوع ساخت، روش‌های غنی‌سازی و نوع مواد اولیه مورد استفاده متفاوت است (۲۸). بررسی زمان نگهداری نشان داد که با گذشت زمان نگهداری pH به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۰۰۱) کاهش یافت. در واقع بیش‌ترین میزان pH (٤/۱۲) در روز ۱ نگهداری و کم‌ترین میزان آن (۳/۹۸) در روز ۲۱ نگهداری مشاهده گردید. میزان اسیدیته نمونه‌ها نیز به‌طور معنی‌داری با گذشت زمان افزایش یافت. بیش‌ترین میزان اسیدیته (۱/۲۳ درصد اسید لاکتیک) در روز ۲۱ نگهداری و کم‌ترین میزان آن (۰/۹۸ درصد اسید لاکتیک) در روز ۱ نگهداری ملاحظه گردید. به‌طور کلی دلیل این امر می‌تواند مربوط به فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست باشد که با مصرف قند و تولید اسیدهای آلی سبب کاهش pH و افزایش اسیدیته در طی مدت زمان نگهداری می‌شوند (۲۹). حیدری و همکاران (۱۳۹٦)، اثر پودر دانه تاج خروس بر pH ماست چکیده را به‌مدت ۲۱ روز نگهداری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که با گذشت زمان، pH نمونه‌ها به‌شکل معنی‌داری کاهش یافت (۳۰). همچنین آکگون و همکاران (۲۰۱٦)، در بررسی اثر کاهش چربی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست تهیه شده از شیر گاومیش گزارش کردند که میزان اسیدیته و pH نمونه‌ها با گذشت زمان به‌ترتیب

افزایش و کاهش پیدا کرد (۳۱) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت.

**تغییرات سینرزیس:** یکی از معایب مهم ماست، آب‌اندازی است که آن را می‌توان به‌عنوان ظهور آب پنیر (سرم) بر سطح ژل تعریف کرد. آب‌اندازی در ماست به‌دلیل چروکیدگی ژل رخ می‌دهد که منجر به جدا شدن آب پنیر از ماست می‌شود و کاهش پذیرش مصرف‌کنندگان ماست را به‌دنبال دارد (۳۲). مطابق نتایج به‌دست آمده، اثر هر سه متغیر آنزیم TG، میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) و همچنین اثر متقابل آنزیم و میزان اختلاط شیر گاومیش ($p<۰/۰۰۱$) و اثر متقابل آنزیم و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) بر مقادیر سینرزیس نمونه‌های ماست معنی‌دار بود ولی سایر اثرات متقابل بر این فاکتور معنی‌دار نبودند. میزان سینرزیس نمونه‌های ماست با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش به‌شکل معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) کاهش یافت. در واقع بیش‌ترین میزان سینرزیس مربوط به نمونه فاقد شیر گاومیش (۸/۲۵ درصد) و کم‌ترین میزان آن مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش بود (۵/۸۰ درصد). وارلتزیس و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که محتوای ماده جامد کل (پروتئین و یا چربی)، ترکیب شیر (پروتئین و نمک‌ها) و اسیدیته ناشی از رشد باکتری‌های آغازگر، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر سینرزیس هستند. افزایش تراکم و کاهش اندازه منافذ در ماتریکس پروتئینی ژل ماست به‌دلیل بالاتر بودن میزان ماده جامد کل، باعث کاهش سینرزیس می‌شود (۳۳). نتایج تحقیق حاضر نشان داد هرچند با افزایش مقدار جایگزینی شیر گاومیش، pH نمونه‌های ماست چکیده کاهش معنی‌داری یافت، اما تأثیر افزایش ماده خشک و پروتئین نمونه‌ها بر کاهش مقدار سینرزیس بیش از تأثیر منفی کاهش pH بر آب‌اندازی نمونه‌ها بود. آکگون و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیشترین میزان سینرزیس نمونه‌های ماست را در نمونه‌ی حاوی کم‌ترین ماده جامد کل و pH گزارش کردند (۳٤). بررسی اثر مدت زمان نگهداری نشان داد که با گذشت زمان میزان سینرزیس نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) افزایش یافت. در واقع بیشترین میزان سینرزیس (۱۰/۳۵ درصد) در روز ۲۱ نگهداری و کم‌ترین میزان آن (٤/٤٥ درصد) در روز ۱ نگهداری ملاحظه گردید. حسنی زعفرانی و همکاران (۱۳۹٦) در بررسی ویژگی‌های نمونه‌های ماست تهیه شده از شیر گاو و گاومیش در نتایجی مشابه گزارش کردند که درصد آب‌اندازی نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش می‌یابد و بیش‌ترین درصد آب‌اندازی در نمونه ماست گاو نگهداری شده در روز سی‌ام (۲۷/۱ درصد) مشاهده شد. این محققین کاهش pH و تخریب بافت ماست را دلیل افزایش آب‌اندازی عنوان نمودند (۲۷). رزمخواه شربیانی و همکاران (۱۳۸۹)، اثر پکتین و صمغ دانه‌های ریحان و مرو را بر میزان آب‌اندازی ماست چکیده بدون چربی مورد ارزیابی قرار دادند. میزان آب‌اندازی ۱ و ۷ روز پس از تولید نمونه‌های ماست اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با گذشت زمان آب‌اندازی نمونه‌های ماست چکیده افزایش یافت (۳۵) که با پژوهش حاضر تطابق داشت. ایکرام و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر افزودن ژل آلوئه ورا را بر کیفیت و ویژگی‌های حسی ماست گاومیش ارزیابی کردند. این پژوهشگران بیان کردند که با افزایش زمان نگهداری میزان سینرزیس نمونه‌ها به دلیل افزایش اسیدیته در نتیجه فعالیت میکروبی افزایش یافته است که در تطابق با پژوهش حاضر بود (۳٦). بررسی اثر متقابل آنزیم و مدت زمان نگهداری نشان داد که بیش‌ترین کاهش سینرزیس برای نمونه فاقد آنزیم در روز ۲۱ نگهداری و کم‌ترین کاهش آن برای تیمار حاوی ۰/۰۱۵ درصد آنزیم در روز یک نگهداری به‌دست آمد (جدول ۱). در واقع فعالیت آنزیم TG

منجر به تشکیل شبکه پروتئینی با اندازه منافذ کوچک‌تر و کاهش نفوذپذیری آن می‌گردد که در نتیجه افزایش قابلیت نگهداری و حفظ بیش‌تر آب در ساختار را به دنبال دارد (۳۷). بررسی اثر متقابل آنزیم و میزان اختلاط شیر گاومیش بیانگر این بود که با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش و آنزیم میزان سینرزیس به‌شکل معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین سینرزیس برای تیمار فاقد شیر گاومیش و آنزیم و کم‌ترین مقدار برای تیمار حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و ۰/۰۱۵ درصد آنزیم مشاهده شد (جدول ۱).

**تغییرات ماده خشک:** براساس نتایج، اثر دو فاکتور میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) بر مقادیر ماده خشک نمونه‌های ماست معنی‌دار بود ولی اثر غلظت آنزیم TG بر تغییرات ماده خشک معنی‌دار نبود.

با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش، میزان ماده خشک نمونه‌های ماست به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) افزایش یافت. در واقع بیش‌ترین میزان ماده خشک (۲۱/۹۷ درصد) مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و کم‌ترین میزان آن (۲۰/۸۳ درصد) مربوط به نمونه فاقد شیر گاومیش بود. در مطابقت با نتایج پژوهش حاضر، پتریدیس و همکاران (۲۰۱٤) با بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست چکیده حاصل از مخلوط شیر گاو و گاومیش غنی‌شده با سدیم کازئینات نشان دادند که با افزایش درصد شیر گاومیش (در صورت حضور و عدم حضور سدیم کازئینات)، ماده خشک نمونه‌ها افزایش می‌یابد که دلیل آن را افزایش سطح پروتئین و چربی بیان کردند (٤). بررسی اثر مدت زمان نگهداری نشان داد که با گذشت زمان نگهداری میزان ماده خشک نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) افزایش یافت. در واقع بیشترین میزان ماده خشک (۲۲/۱٦ درصد) در روز ۲۱ نگهداری و کم‌ترین میزان آن (۲۰/٦۹ درصد) در روز یک نگهداری ملاحظه گردید. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، اسماعیل و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که میزان ماده خشک نمونه‌های ماست طی مدت زمان نگهداری به‌دلیل از بین رفتن رطوبت افزایش می‌یابد (۳۸). بررسی اثر متقابل آنزیم و میزان اختلاط شیر گاومیش نشان داد که بیش‌ترین میزان ماده خشک برای تیمار ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و فاقد آنزیم به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد شیر گاومیش و حاوی آنزیم (۰/۰۱۵ درصد) نداشت. همچنین کم‌ترین میزان ماده خشک برای تیمار فاقد شیر گاومیش و آنزیم مشاهده شد (جدول ۱). آلوگلو و اونر (۲۰۱۳) گزارش کردند که بین نمونه‌های ماست لبنه حاصل از شیر بز تیمارشده با مقادیر مختلف آنزیم TG و نمونه کنترل از نظر ماده خشک تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۲۸). همچنین دینکی (۲۰۱۲) از غلظت‌های مختلف آنزیم TG (۰، ۰/۷٤، ۱/۲۹، ۱/۸۵ واحد بر گرم پروتئین) جهت تولید نمونه‌های ماست چکیده استفاده نمود که طبق نتایج این تحقیق بین نمونه‌های ماست چکیده از نظر ماده خشک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (۱۰) که در تطابق با نتایج پژوهش حاضر بود.

**جدول ۱- تأثیر غلظت آنزیم و میزان جایگزینی شیر گاومیش بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ماست چکیده حاصل از شیر گاو و گاومیش در طی ۲۱ روز نگهداری.**

Table 1. Effect of enzyme concentration and buffalo milk substitution on physicochemical properties of the strained yoghurt prepared from buffalo and cow milk during 21 days.

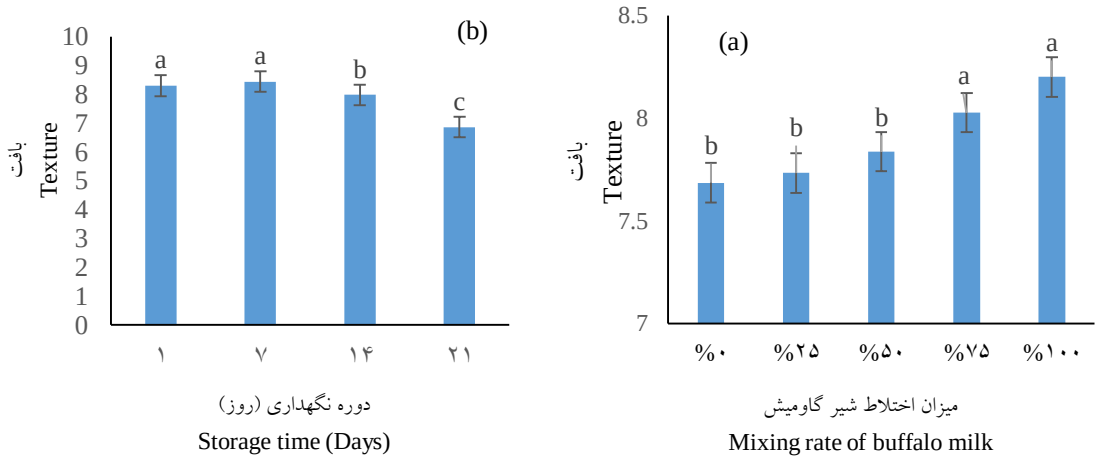
| 21 | 14 | 7 | 1 | شیر گاومیش (٪) Buffalo milk (%) | آنزیم (٪) Enzyme (%) | پارامتر Parameter |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4.05±0.01$^{abAB}$ | 4.02±0.06$^{bAB}$ | 4.09±0.03$^{abABC}$ | 4.15±0.06$^{aAB}$ | 0 | | |
| 4.06±0.08$^{aAB}$ | 4.01±0.16$^{aAB}$ | 4.10±0.12$^{aABC}$ | 4.14±0.02$^{aAB}$ | 25 | | |
| 3.94±0.08$^{aABCD}$ | 3.95±0.09$^{aAB}$ | 4.02±0.02$^{aABC}$ | 4.08±0.06$^{aAB}$ | 50 | 0 | |
| 3.88±0.04$^{bCD}$ | 3.91±0.08$^{abAB}$ | 3.91±0.02$^{abBC}$ | 4.06±0.08$^{aAB}$ | 75 | | |
| 3.84±0.07$^{bD}$ | 3.88±0.06$^{abB}$ | 3.89±0.01$^{abC}$ | 4.01±0.04$^{aB}$ | 100 | | |
| 4.13±0.06$^{aA}$ | 4.08±0.01$^{aA}$ | 4.20±0.08$^{aA}$ | 4.20±0.04$^{aA}$ | 0 | | pH |
| 4.03±0.02$^{bABC}$ | 4.05±0.01$^{bAB}$ | 4.21±0.06$^{aA}$ | 4.19±0.05$^{aA}$ | 25 | | |
| 4.00±0.04$^{aABC}$ | 4.01±0.06$^{aAB}$ | 4.16±0.10$^{aA}$ | 4.17±0.09$^{aA}$ | 50 | 0.015 | |
| 3.94±0.00$^{cBCD}$ | 3.97±0.04$^{bcAB}$ | 4.12±0.17$^{aA}$ | 4.11±0.09$^{abAB}$ | 75 | | |
| 3.92±0.12$^{aBCD}$ | 3.94±0.03$^{aAB}$ | 4.11±0.09$^{aAB}$ | 4.08±0.03$^{aAB}$ | 100 | | |
| 1.21±0.12$^{aAB}$ | 1.21±0.09$^{aBCD}$ | 1.00±0.08$^{abBC}$ | 0.92±0.10$^{bB}$ | 0 | | |
| 1.25±0.11$^{aAB}$ | 1.26±0.07$^{aABC}$ | 1.04±0.06$^{abBC}$ | 0.96±0.07$^{bAB}$ | 25 | | |
| 1.29±0.15$^{aAB}$ | 1.29±0.04$^{aAB}$ | 1.08±0.08$^{abBC}$ | 0.99±0.06$^{bAB}$ | 50 | 0 | اسیدیته (درصد اسید لاکتیک) Acidity (%Lactic acid) |
| 1.31±0.04$^{abAB}$ | 1.34±0.07$^{aAB}$ | 1.16±0.04$^{bcAB}$ | 1.06±0.06$^{cAB}$ | 75 | | |
| 1.41±0.07$^{aA}$ | 1.39±0.01$^{aA}$ | 1.26±0.06$^{aA}$ | 1.10±0.06$^{bA}$ | 100 | | |
| 1.10±0.04$^{aB}$ | 1.07±0.08$^{aD}$ | 0.96±0.04$^{abC}$ | 0.90±0.04$^{bB}$ | 0 | | |
| 1.12±0.01$^{aB}$ | 1.10±0.10$^{abCD}$ | 1.00±0.04$^{abBC}$ | 0.94±0.06$^{bB}$ | 25 | | |
| 1.16±0.08$^{aB}$ | 1.18±0.06$^{aBCD}$ | 1.06±0.11$^{aBC}$ | 0.96±0.07$^{aAB}$ | 50 | 0.015 | |
| 1.20±0.13$^{aAB}$ | 1.21±0.06$^{aBCD}$ | 1.12±0.08$^{aABC}$ | 1.00±0.06$^{aAB}$ | 75 | | |
| 1.30±0.08$^{aAB}$ | 1.27±0.01$^{aAB}$ | 1.12±0.01$^{bABC}$ | 1.02±0.04$^{bAB}$ | 100 | | |
| 14.97±1.42$^{aA}$ | 10.47±1.50$^{bA}$ | 7.42±1.79$^{bA}$ | 7.10±1.24$^{bA}$ | 0 | | |
| 13.68±1.07$^{aA}$ | 9.99±0.93$^{bAB}$ | 7.06±0.16$^{cAB}$ | 6.59±1.06$^{cAB}$ | 25 | | |
| 12.69±2.16$^{aA}$ | 9.58±0.66$^{abABC}$ | 6.90±2.52$^{bAB}$ | 5.66±0.78$^{bABC}$ | 50 | 0 | |
| 12.26±1.48$^{aA}$ | 9.32±0.33$^{bABC}$ | 5.81±0.89$^{cABC}$ | 4.85±0.91$^{cABCD}$ | 75 | | |
| 12.32±0.98$^{aA}$ | 8.61±1.18$^{bABCD}$ | 4.71±0.74$^{cABCD}$ | 2.76±0.91$^{cDE}$ | 100 | | سینرزیس (٪) Syneresis (%) |
| 8.31±0.18$^{aB}$ | 7.97±1.10$^{aABCD}$ | 5.18±0.18$^{bABCD}$ | 4.63±1.22$^{bBCD}$ | 0 | | |
| 7.08±2.69$^{aB}$ | 7.20±1.07$^{aBCD}$ | 5.27±0.40$^{aABCD}$ | 4.46±0.62$^{aBCD}$ | 25 | | |
| 7.66±0.86$^{aB}$ | 6.91±2.01$^{abCD}$ | 4.36±0.23$^{bBCD}$ | 3.80±0.58$^{bCDE}$ | 50 | 0.015 | |
| 7.78±1.90$^{aB}$ | 6.29±1.82$^{abD}$ | 3.88±0.43$^{abCD}$ | 2.69±0.91$^{bDE}$ | 75 | | |
| 6.78±0.78$^{aB}$ | 6.24±0.52$^{aD}$ | 2.99±0.92$^{bE}$ | 2.01±1.30$^{bE}$ | 100 | | |
| 21.63±0.20$^{aA}$ | 20.87±0.42$^{aC}$ | 20.59±0.69$^{aA}$ | 20.15±1.07$^{aA}$ | 0 | | |
| 21.94±1.07$^{aA}$ | 21.11±0.26$^{aBC}$ | 20.71±0.03$^{aA}$ | 20.35±1.61$^{aA}$ | 25 | | |
| 22.17±0.24$^{aA}$ | 21.50±0.28$^{abABC}$ | 21.01±0.23$^{abA}$ | 20.63±0.76$^{bA}$ | 50 | 0 | |
| 22.41±0.45$^{aA}$ | 21.70±0.25$^{abABC}$ | 21.57±0.18$^{abA}$ | 21.01±0.75$^{bA}$ | 75 | | ماده خشک (٪) Dry matter (%) |
| 22.69±0.37$^{aA}$ | 22.26±0.53$^{aA}$ | 21.72±0.59$^{aA}$ | 21.27±0.54$^{aA}$ | 100 | | |
| 21.59±0.38$^{aA}$ | 20.93±0.22$^{aBC}$ | 20.64±0.30$^{aA}$ | 20.21±0.88$^{aA}$ | 0 | | |
| 21.89±0.42$^{aA}$ | 21.12±0.33$^{aBC}$ | 20.81±0.82$^{aA}$ | 20.39±0.86$^{aA}$ | 25 | | |
| 22.24±0.51$^{aA}$ | 21.43±0.06$^{aABC}$ | 21.11±0.99$^{aA}$ | 20.62±0.87$^{aA}$ | 50 | 0.015 | |
| 22.39±0.51$^{aA}$ | 21.77±0.24$^{aAB}$ | 21.60±1.36$^{aA}$ | 20.99±0.64$^{aA}$ | 75 | | |
| 22.61±0.34$^{aA}$ | 22.06±0.54$^{aA}$ | 21.87±0.59$^{aA}$ | 21.32±0.50$^{aA}$ | 100 | | |

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

The different small letters in each row and the different capital letters in each column indicate a significant difference in the level of 5% ($p<0.05$).

## ویژگی‌های حسی

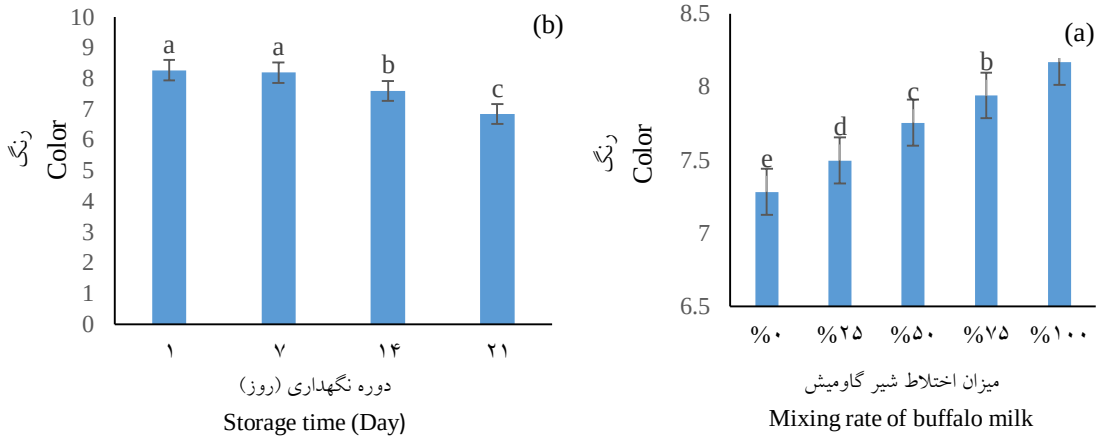
**تغییرات بافت:** آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثر هر سه متغیر میزان اختلاط یا جایگزینی شیر گاومیش، غلظت آنزیم TG و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) بر امتیاز بافت نمونه‌ها معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل متغیرهای آزمون بر این فاکتور معنی‌دار نبودند. با افزایش میزان شیر گاومیش امتیاز بافت نمونه‌ها به‌شکل معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) افزایش یافت که احتمالاً به‌دلیل افزایش محتوای ماده جامد کل موجود در شیر گاومیش است؛ چرا که افزایش ماده جامد کل سبب استحکام ژل و کاهش سینرزیس می‌شود (۳۹). بیش‌ترین امتیاز بافت مربوط به نمونه ۱۰۰ درصد شیر گاومیش بود که با نمونه ۷۵ درصد شیر گاومیش اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین امتیاز بافت مربوط به نمونه فاقد شیر گاومیش بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های ۲۵ و ۵۰ درصد شیر گاومیش نداشت (شکل ۱، نمودار a). در تطابق با این پژوهش حنیف و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که به‌طور کلی ماست تهیه شده از شیر گاومیش به‌تنهایی، ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی بهتری را نسبت به شیر گاو نشان داد و مورد پذیرش ارزیابان قرار گرفت (٤۰). در بررسی اثر غلظت آنزیم، امتیاز بافت در نمونه حاوی ۰/۰۱۵ درصد آنزیم ۸/۰۹ و نمونه بدون آنزیم ۷/۷۰ تعیین شد. در واقع آنزیم TG با برقراری اتصالات عرضی سبب بهبود ویژگی‌های تشکیل ژل در کازئین می‌گردد و بر بافت ماست تأثیر قابل توجهی دارد (۱۷). لورنزن و همکاران (۲۰۰۲)، تأثیر اتصال متقاطع آنزیمی پروتئین‌های شیر را بر ویژگی‌های عملکردی ماست قالبی مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج نشان داده شد که نمونه‌های ماست حاصل از شیر تیمارشده با آنزیم TG در مقایسه با محصولات حاصل از شیر تیمارنشده با آنزیم دارای سطح خشک، صاف، سفیدتر و همچنین بافت محکم‌تری می‌باشند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت (٤۱). همچنین در مطابقت با پژوهش حاضر، جوینده و مرتضوی (۱۳۹۷) نشان دادند که با افزایش غلظت آنزیم TG، مقادیر امتیاز ظاهر و بافت نمونه‌های ماست قالبی افزایش می‌یابد (٤۲). بررسی مدت زمان نگهداری نشان داد که با گذشت زمان نگهداری میزان پذیرش بافت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) کاهش یافت، ولی این کاهش بین روزهای ۱ و ۷ نگهداری معنی‌دار نبود (شکل ۱، نمودار b). در مطابقت با نتایج پژوهش حاضر، حنیف و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند امتیاز ظاهر و بافت نمونه‌های ماست طی دوره نگهداری کاهش یافت (٤۰).




**شکل ۱- تأثیر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری بر امتیازات بافت نمونه‌های ماست چکیده**

Figure 1. Effect of buffalo milk substitution and storage time on texture scores of strained yogurt

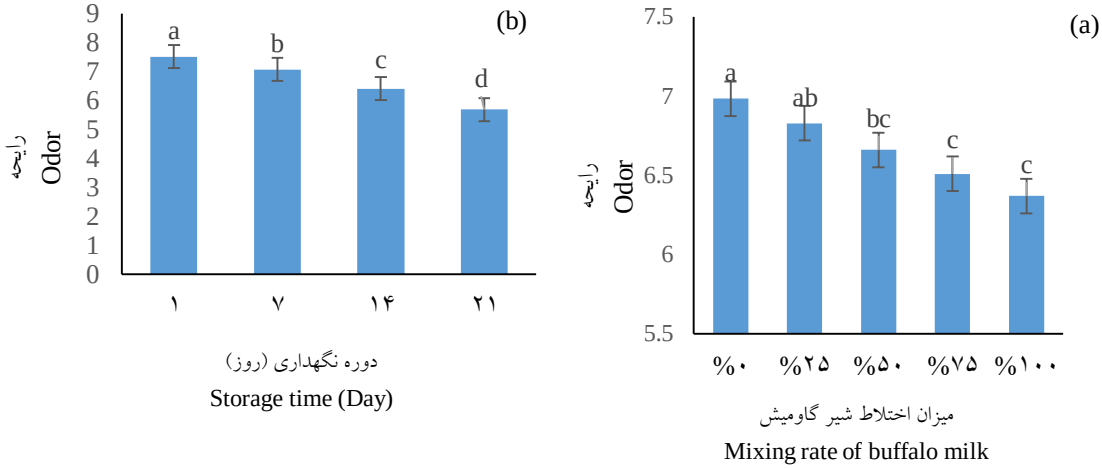
**تغییرات رنگ:** مطابق نتایج، اثر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) و همچنین اثر متقابل آنزیم و میزان اختلاط شیر گاومیش ($p<۰/۰۳۶$) بر رنگ نمونه‌ها معنی‌دار بود. در حالی که سایر اثرات متقابل و غلظت آنزیم TG اثر معنی‌داری بر این فاکتور نداشتند. افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) سبب افزایش پذیرش رنگ نمونه‌ها گردید به‌طوری که بیش‌ترین امتیاز پذیرش رنگ مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش بود (شکل ۲، نمودار a). دلیل این امر را می‌توان سفیدتر بودن شیر گاومیش نسبت به شیر گاو دانست که یکی از ویژگی‌های بارز ماست با کیفیت مطلوب می‌باشد. در واقع گاومیش با تبدیل کاروتن مصرفی به ویتامین A، حاوی مقدار بسیار ناچیزی کاروتن در شیر می‌باشد (۱۶). اسماعیل و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر مخلوط شیر سویا با شیر گاو یا شیر گاومیش بر ویژگی‌های حسی ماست بالاترین امتیاز رنگ و بافت را در نمونه‌های حاوی شیر گاومیش گزارش کردند (۳۸) که با پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت. بررسی مدت زمان نگهداری نشان داد که طی گذشت زمان نگهداری میزان پذیرش رنگ نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) کاهش یافت و این کاهش تا روز ۷ نگهداری معنی‌دار نبود (شکل ۲، نمودار b).




**شکل ۲-تأثیر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری بر امتیازات رنگ نمونه‌های ماست چکیده**

Figure 2. Effect of buffalo milk substitution and storage time on color scores of strained yogurt

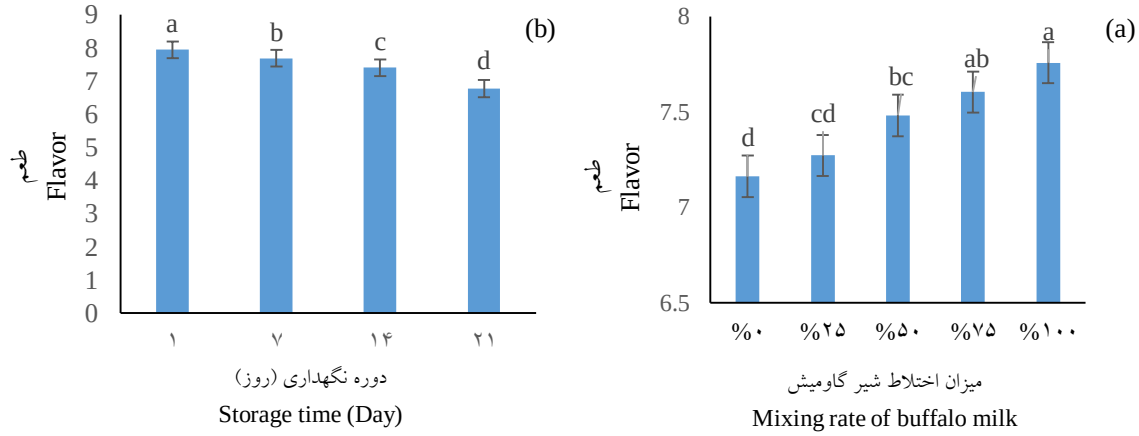
**تغییرات رایحه:** مطابق نتایج تحقیق حاضر، اثر میزان اختلاط شیر گاومیش ($p<۰/۰۰۲$) و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) بر امتیاز عطر و رایحه نمونه‌ها معنی‌دار بود ولی اثر غلظت آنزیم TG و تمامی اثرات متقابل میان متغیرها بر عطر نمونه‌ها معنی‌دار نبودند. با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۰۲$) در رایحه نمونه‌ها مشاهده گردید، به‌طوری که بیش‌ترین امتیاز عطر و رایحه مربوط به نمونه فاقد شیر گاومیش و کم‌ترین مربوط به نمونه ۱۰۰ درصد شیر گاومیش بود و بین نمونه‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد شیر گاومیش اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۳، نمودار a). بررسی مدت زمان نگهداری نشان داد که با گذشت زمان نگهداری میزان پذیرش رایحه نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) کاهش یافت (شکل ۳، نمودار b). در مطابقت با پژوهش حاضر سنلی و همکاران (۲۰۱۱)، اذعان داشتند، تیمار آنزیم TG بر رایحه و عطر نمونه‌های ماست تأثیری نداشت (۱۶).




**شکل ۳- تأثیر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری بر امتیازات رایحه نمونه‌های ماست چکیده**

Figure 3. Effect of buffalo milk substitution and storage time on odor scores of strained yogurt

**تغییرات طعم:** همانند ویژگی‌های حسی رایحه و رنگ، نتایج نشان داد اثر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری ($p<۰/۰۰۰۱$) بر امتیاز طعم نمونه‌ها معنی‌دار بود ولی اثر غلظت آنزیم و اثر متقابل کلیه فاکتورها بر طعم نمونه‌ها معنی‌دار نبودند. با افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش، میزان پذیرش طعم نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) افزایش یافت و بالاترین امتیاز طعم به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیر گاومیش اختصاص داشت (شکل ٤، نمودار a). می‌توان گفت شیر گاومیش با دارا بودن محتوای ماده جامد کل و چربی بالاتر جهت فرآوری ماست با بافت خامه‌ای و طعم غنی بسیار مناسب است (٤۳). بررسی مدت زمان نگهداری نشان داد امتیاز طعم نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۰۱$) کاهش یافت (شکل ٤، نمودار b). دلیل روند کاهش طعم می‌تواند توسعه اسیدیته طی مدت نگهداری باشد که می‌تواند طعم مطبوع اسیدی ماست را مختل کند (۳۸). در موافقت با این پژوهش روتاری و میشرا (۲۰۱۱)، نشان دادند که زمان نگهداری بر طعم نمونه‌های ماست اثر منفی دارد که دلیل آن را تغییر ترکیبات رایحه ذکر کردند (٤٤).




**شکل ٤- تأثیر میزان اختلاط شیر گاومیش و مدت زمان نگهداری بر امتیازات طعم نمونه‌های ماست چکیده**

Figure 4- Effect of buffalo milk substitution and storage time on flavor scores of strained yogurt

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی شیر گاومیش با شیر گاو و همچنین افزایش غلظت آنزیم، مقدار سینرزیس نمونه‌های ماست چکیده کاهش می‌یابد؛ به گونه‌ای که کم‌ترین میزان سینرزیس در طی مدت زمان نگهداری به نمونه حاوی ۰/۰۱۵ درصد آنزیم و ۱۰۰ درصد شیر گاومیش اختصاص داشت. در واقع آنزیم با برقراری اتصالات عرضی میان پروتئین‌های شیر سبب کاهش آب‌اندازی و بهبود امتیاز بافت نمونه‌ها و همچنین جلوگیری از افزایش بیش از حد اسیدیته طی مدت زمان نگهداری گردید. در هرحال، به‌جز امتیاز بافت، اثر آنزیم بر سایر پارامترهای حسی معنی‌داری نگردید. افزایش میزان اختلاط شیر گاومیش نیز سبب افزایش امتیازات حسی نمونه‌های ماست چکیده به جز رایحه گردید. البته از نظر امتیاز بافت بین نمونه ۱۰۰ و ۷۵ درصد شیر گاومیش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. براساس نتایج این تحقیق، جهت تولید ماست چکیده‌ای با ویژگی‌های بافتی و حسی مطلوب، استفاده از ۰/۰۱۵ درصد آنزیم و جایگزینی ۷۵ درصد شیر گاومیش با شیر گاو پیشنهاد می‌شود.

## سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۹۸۱/۱۷ می‌باشد. لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

## References

1. Ahmad, S., Anjum, F.M., Huma, N., Sameen, A., and Zahoor T. 2013. Composition and physicochemical characteristics of buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. Journal of Animal and Plant Sciences. 23(1 Suppl.) 62-74.
2. Dimitreli, G., Exarhopoulos, S., Antoniou, K.K., Zotos, A., and Bampidis, V.A. 2017. Physicochemical, textural and sensory properties of white soft cheese made from buffalo and cow milk mixtures. International Journal of Dairy Technology. 70:4.506-513.
3. Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpinar-Bayizit, A., and Delikanli-Kiyak, B. 2017. The characterization of the textural and sensory properties of buffalo milk yogurts. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology. 5:3.37-42.
4. Petridis, D., Dimitreli, G., Vlahvei, K., and Deligeorgakis, C. 2014. Effects of buffalo and cow milk mixtures enriched with sodium caseinates on the physicochemical, rheological and sensory properties of a stirred yogurt product. Journal of Food Research. 3:6.54.
5. Dinkci, N. 2012. The influence of transglutaminase treatment on functional properties of strained yoghurt. Journal of Animal and Veterinary Advances. 11:13.2238-2246.
6. 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.e13557: 1-10.
7. Milanović, S.D., Carić, M.Đ., Đurić, M.S., Iličić, M.D., and Duraković, K.G. 2007. Physico-chemical properties of probiotic yoghurt produced with transglutaminase. Acta Periodica Technologica. 38.45-52.
8. Ozer, 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.
9. Iličić, M.D., Milanović, S.D., Carić, M.Đ., Dokić, L.P., and Kanurić, K.G. 2014. Effect of transglutaminase on texture and flow properties of stirred probiotic

yoghurt during storage. Journal of Texture Studies. 45:1.13-19.
10. 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)
11. 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: e15572.1-11.
12. Jooyandeh, H., Danesh, E., and Goudarzi, M. 2017. Effect of microbial transglutaminase on physical, rheological, textural and sensory properties of light ice cream. Iranian Journal of Food Science and Technology. 13:4.469-479. (In Persian)
13. Jooyandeh, H., Namvar, H., Niakosari, M., and Hojjati, M. 2017. Effect of enzymatic treatment of milk by transglutaminase on physical properties of low fat milk powder. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14:66.131-143. (In Persian)
14. Shirkhani, M., Madadlou, A., and Khosrowshahi, A. 2015. Enzymatic modification to stabilize the fermented milk drink, doogh. Journal of Texture Studies. 46.22e33.
15. 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).
16. Şanlı, T., Sezgin, E., Deveci, O., Şenel, E., and Benli, M. 2011. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. Food Hydrocolloids. 25:6.1477-1481.
17. Farnsworth, J.P., Li, J., Hendricks, G.M., and Guo, M.R. 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. Small Ruminant Research. 65:1-2.113-121.
18. Gauche, C., Tomazi, T., Barreto, P.L.M., Ogliari, P.J., and Bordignon-Luiz, M.T. 2009. Physical properties of yoghurt manufactured with milk whey and transglutaminase. LWT-Food Science and Technology. 42:1.239-243.
19. Ziarno, M. and Zaręba D. 2020. The effect of the addition of microbial transglutaminase before the fermentation process on the quality characteristics of three types of yogurt. Food Science and Biotechnology. 29**:**109–119.
20. Yademellat, M., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. 2018. The effect of application of Persian and Balangu-Shirazi gums on textural properties of low-fat stirred yogurt. Journal of Food Research. 27:4.171-181. (in Persian)
21. Oner, Z., Karahan, A.G., Aydemir, S., and Aloglu, H.S. 2008. Effect of transglutaminase on physicochemical properties of set-style yogurt. International Journal of Food Properties. 11:1.196-205.
22. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1993. Milk and Milk products – Determination of titrable acidity and value pH (Test method). ISIRI No. 2852. 1rd revision, Karaj. (In Persian)
23. AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
24. Stone, H., and Sidel, J.L. 2004. Sensory Evaluation Practices", 3rd ed., Oxford: Academic. p. 377.
25. 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.
26. Tamime, A.Y., and Robinson, R.K. 2007. Yoghurt: Science and Technology. 4th ed., Woodhead Publishing, UK.
27. Hasani Zaferani, S., Aminifar, M., and Moslehi Shad, M. 2017. The study on relationship between microstructure and technological properties of yoghurt produced from different types of milk during storage. Iranian Jornal of

Biosvstems Engineering. 48:4.457-465. (In Persian)
28. Aloğlu, H.Ş., and Öner, Z. 2013. The effect of treating goat's milk with transglutaminase on chemical, structural, and sensory properties of labneh. Small Ruminant Research. 109:1.31-37.
29. Arianfar, A., Sardroodian, M., and Abdullahi, H. 2017. Investigation of Aloe Vera gel powder on physicochemical and sensory properties of non-fat concentrated yogurt. Journal of Innovation in food Science and Technology. 9:4.75-87. (In Persian)
30. Heidari, M., Jahadi, M., Fazel, M., and Ghasemi-Sepero, N. 2017. The Effect of Amaranthus cruentus Grain Powder on Quality Properties of Strained Yoghurt. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14:65.271-284. (In Persian)
31. Akgun, A., Yazici, F., and Gulec, H.A. 2016. Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. LWT-Food Science and Technology. 74. 521-527.
32. Lucey, J.A. 2004. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. International Journal of Dairy Technology. 57: 2-3.77-84.
33. Vareltzis, P., Adamopoulos, K., Stavrakakis, E., Stefanakis, A., and Goula, A.M. 2016. Approaches to minimise yoghurt syneresis in simulated tzatziki sauce preparation. International Journal of Dairy Technology. 69: 2.191-199.
35. Razmkhah Sharbiani, S., Razavi, S.M.A., Behzad, K., and Mazaheri Tehrani, M. 2010. The effect of pectin, Basil seed gum and Sage seed gum on physicochemical and sensory characteristics of non-fat concentrated yoghurt. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 6:1.27-36. (In Persian)
36. Ikram, A., Raza, S.Q., Saeed, F., Afzaal, M., Munir, H., Ahmed, A., Bin Zahid, M.B., and Muhammad Anjum, F. 2021. Effect of adding Aloe vera jells on the quality and sensory properties of yogurt. Food Science and Nutrition. 9:1.480-488.
37. Ababaf, K., Jooyandeh, H., and Nasehi, B. 2020. Effect of transglutaminase enzyme treatment on the physicochemical and microbial properties of synbiotic soy yogurt. Journal of Food Research. 30:3.189-201. (In Persian)
38. Ismail, M.M., Ghoneem, G.A., EL-Boraey, N.A.L., Tabekha, M.M., and Elashrey, H.F. 2017. Effect of mixing soy milk with buffalo or cow milk on the chemical composition, microbial properties and sensory evaluation of yoghurt. Journal of Biotechnology Research. 3:7.56-65.
39. Mohameed, H.A., Abu-Jdayil, B., and Al-Shawabkeh, A. 2004. Effect of solids concentration on the rheology of labneh (concentrated yogurt) produced from sheep milk. Journal of Food Engineering. 61:3.347-352.
40. Hanif, M.S., Zahoor, T., Iqbal, Z., and Ihsan-ul-Haq, A.A. 2012. Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. Pakistan Journal of Food Sciences. 22:2.61-70
41. Lorenzen, P.C., Neve, H., Mautner, A., and Schlimme, E. 2002. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. International Journal of Dairy Technology. 55: 3.152-157.
42. Jooyandeh, H., and Mortazavi, A. 2019. Impact of addition of milk powder and microbial transglutaminase (TG) on the sensory and textural properties of set yoghurt. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 10:2.121-136. (In Persian)
43. Han, X., Lee, F.L., Zhang, L., and Guo, M.R. 2012. Chemical composition of water buffalo milk and its low-fat symbiotic yogurt development. Functional Foods in Health and Disease. 2:4.86-106.
44. Routray, W., and Mishra, H.N. 2011. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 10:4.208-220.