مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تأثیر تیمار آنزیمی لیپاز با منشاء گاوی و بزی بر ویژگی‌های رنگ و برخی خواص فیزیکوشیمیایی پنیر سفید فرآپالوده طی دوره نگهداری

ابوالحسن ثابت‌صولت[۱]، حسین جوینده[۲*]، محمد حجتی[۲]، حسن برزگر[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- استاد 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

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۵

کلمات کلیدی:

لیپاز حیوانی،

ناتراوه،

روشنایی،

زمان نگهداری

DOI:10.22034/FSCT.21.151.209.

* مسئول مکاتبات:

hosjooy@asnrukh.ac.ir

چکیده

فرآیند تولید و رسیدن پنیر با کمک مجموعه‌ی گسترده‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی مختلف و پیوسته صورت می‌پذیرد که در صورت متعادل بودن منجر به تولید فرآورده‌ای با ویژگی‌های کیفی بسیار مطلوب منجمله رنگ و خواص فیزیکوشیمیایی می‌شود. در این تحقیق، آنزیم لیپاز با دو منشاء بزغاله و گوساله در سطوح ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/٤ گرم (به ازای ۱۰۰ کیلوگرم ناتراوه) در تولید پنیر سفید فرآپالوده ایرانی استفاده شد و تأثیر تیمار آنزیمی بر ویژگی‌های رنگ (روشنایی L^*، قرمزی/a^* و زردی/b^*)، و برخی خواص فیزیکوشیمیایی (اسیدیته، رطوبت، پروتئین و چربی) محصول بررسی گردید. نمونه پنیر فاقد آنزیم لیپاز به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. پارامترهای رنگ و خواص فیزیکوشیمیایی پنیرهای تولیدی با نمونه شاهد طی مدت ۹۰ روز نگهداری مقایسه گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که آنزیم لیپاز سبب افزایش معنی‌دار شاخص L^* و b^* نمونه‌های پنیر شد، ولی بر شاخص a^* تأثیر معنی‌داری نداشت. زمان نگهداری نیز به‌شکل معنی‌داری سبب افزایش این پارامترها شد. همچنین تیمار آنزیمی لیپاز و زمان نگهداری سبب تغییرات معنی‌داری در خصوصیات شیمیایی مورد بررسی شد. به‌طور کلی، با افزایش غلظت آنزیم و گذشت زمان نگهداری، مقادیر اسیدیته، رطوبت و پروتئین افزایش و مقدار چربی کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت استفاده از سطوح ۰/۳ یا ۰/٤ آنزیم لیپاز به‌ویژه لیپاز بزی می‌توان پنیر سفید فرآپالوده‌ای قابل قبول تولید نمود.

۱-مقدمه

پنیر را می‌توان به‌عنوان یک ماده غذایی، جزء فرعی یا اصلی غذا، یا به‌عنوان دسر[1] و بدون نیاز به آماده شدن و یا پس از فرآیندهای مختلف پخت و پز مصرف کرد. در منابع مختلف تعداد انواع پنیر را متفاوت ذکر کرده‌اند که در برخی منابع ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ نوع پنیر نام برده شده است [۱]. کیفیت پنیر به‌ویژه خصوصیات بافت و طعم محصول بسیار حائز اهمیت است، چرا که نقش مهمی در قابلیت پذیرش مصرف‌کننده دارد. عوامل مهمی مانند نوع شیر و در نتیجه مقدار ترکیبات و کیفیت آن، روش تهیه پنیر (آنزیمی، اسیدی و...)، مواد افزودنی مورد استفاده (نوع استارتر، نوع آنزیم و ...) و شرایط نگهداری دلمه و رسیدن پنیر در کیفیت محصول نهایی تأثیرگذار است چراکه خواص کمی و کیفی پنیر را به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد. پنیر سفید ایرانی، نوعی پنیر آب نمکی هست که به دو شکل سنتی و فرآپالایش تولید می‌گردد و پرمصرف‌ترین پنیر مصرفی در وعده غذایی صبحانه مردم ایران می‌باشد [۲]. در ساخت پنیر سفید تولید شده به روش فرآپالایش (فرآپالوده)، از عملیات جداسازی غشایی اولترافیلتراسیون[2] استفاده می‌شود که به طور انتخابی پروتئین و چربی شیر را تغلیظ می‌کند. اولترافیلتراسیون، به‌عنوان یک فناوری برای تولید پنیر، در سال ۱۹۷۰ در دانمارک معرفی و به‌طور گسترده‌ای به کار گرفته شد. در این فرایند، شیر به دو بخش مجزای پس‌آب یا تراوه (پرمیت[3]) و بخش غلیظی به‌نام ناتراوه (ریتنتیت[4]) تفکیک می‌شود. در واقع، تغلیظ شیر قبل از تولید پنیر، باعث کاهش هزینه‌ها و سرعت بخشی به‌تمامی مراحل تولید آن می‌شود. برای تولید پنیر فرآپالوده از بخش ناتراوه استفاده می‌گردد و برخلاف پنیر سنتی، در حین تولید این نوع پنیر، آب پنیری از دلمه خارج نمی‌گردد. ارزش غذایی بالاتر و مقرون به صرفه بودن پنیر فرآپالوده به دلیل حفظ پروتئین‌های آب پنیر[5] [۳] سبب شده است که مصرف آن نسبت به رقیب اصلی آن یعنی پنیر آب نمکی سنتی در کشورمان پیشی بگیرد.

شکسته شدن چربی، به یک مولکول گلیسرول و سه اسید چرب آزاد را لیپولیز می‌نامند که از ریشه یونانی لیپو به معنی چربی و لیز به معنی تجزیه گرفته‌شده است. لیپازها جزء آنزیم‌های گروه هیدرولازها بوده و عملکرد زیستی اصلی آن‌ها تبدیل تری‌گلسیرید نامحلول به اسیدهای چرب و گلیسرول هست[٤ و ٥]. لیپازها از جمله‌ی مهم‌ترین گروه بیوکاتالیست‌ها محسوب می‌شوند. به‌کارگیری لیپازها از دهه ۱۹۸۰ افزایش یافته است و با اختصاص ۵ درصد سهم بازار جهانی آنزیم، بعد از پروتئازها و کربوهیدراتازها قرار گرفته است [٦]. در میان انواع لیپاز با منشاء مختلف، لیپاز میکروبی کاربرد بیشتر و گسترده‌تری دارد [٥]. تری-گلیسرید توسط لیپازها مرحله به مرحله به گلیسرول و اسیدهای چرب تجزیه می‌شود. سرعت هیدرولیز به میزان رطوبت یا فعالیت آب بستگی دارد. همچنین لیپاز، تری-گلیسریدهایی را که دارای اسیدهای چرب با زنجیرهای کوتاه و غیراشباع هستند را در اولویت قرار می‌دهد. فعالیت لیپاز نیز ممکن است به خواص طعم و خواص رئولوژیکی محصولات لبنی کمک کند. حرارت دادن شیر تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ثانیه سبب غیرفعال شدن و نابودی لیپاز موجود در شیر می‌گردد، ضمن آن که حداکثر فعالیت لیپاز در pH ۷/۲ و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است [۷]. فعالیت لیپاز در حضور یون‌های جیوه و نقره مهار شده و با یون‌های کلسیم و منیزیم تحریک می‌شود [۸]. کنترل دقیق غلظت لیپاز، pH، دما و ویژگی امولسیون نقش مهمی در میزان لیپولیز و در نتیجه میزان عطر و طعم تولیدی در پنیر دارد [۹]. پاستوریزاسیون شیر، اکثر لیپاز

1 -dessert
2- Ultrafiltration
3- Permeate
4- Retentate
5- Whey proteins

ذاتی شیر را غیرفعال می‌کند، بنابراین از نظر میزان لیپولیز تفاوت قابل‌توجهی میان پنیر تهیه شده از شیر خام و پنیر پاستوریزه وجود دارد. به عبارت دیگر، میزان لیپولیز به نوع پنیر بستگی دارد و دامنه آن بسیار گسترده است. در انواع پنیرهای نمکی، میزان لیپولیز بسیار جزیی است، درحالی‌که در برخی از انواع پنیر رسیده ایتالیایی لیپولیز به‌طور گسترده‌ای صورت می‌گیرد [۱۰]. در طی رسیدن پنیر، در نتیجه‌ی لیپولیز و ایجاد اسیدهای چرب آزاد و متعاقب آن تجزیه اسیدهای چرب آزاد شده عطر و طعم محصول بهبود می‌یابد [۵].

هرچند تحقیقات مختلفی در زمینه تأثیر به‌کارگیری برخی انواع لیپاز بر ویژگی‌های بعضی از انواع پنیر انجام شده است، اما تا کنون پژوهشی در مورد تأثیر به‌کارگیری آنزیم لیپاز بزی و گاوی بر ویژگی‌های پنیر فرآپالوده گزارش نشده است. جوینده و حجتی در تحقیقی در مورد تأثیر آنزیم لیپاز بزی و گاوی بر پنیر سفید ایرانی در مدت ۹۰ روز نگهداری در یخچال نشان دادند که با استفاده از مقدار ٤/٥ گرم آنزیم لیپاز (بزغاله یا گوساله، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم شیر) می‌توان پنیری با ویژگی‌های مطلوب‌تر تولید نمود [۱۱]. آیدمیر و همکاران [۱۲] و اکین و همکاران [۱۳] نیز در بررسی تأثیر افزودن لیپاز تجاری پیش معده به شیر مورد استفاده در تولید پنیر سفید آب‌نمکی گزارش کردند که تیمار آنزیمی سبب افزایش جزیی ($p>0/05$) ترکیبات اساسی پنیر شامل pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد تام، چربی، نیتروژن کل و نمک پنیر در طول دوره رسیدن گردید. امینی‌فر و امام جمعه نیز گزارش کردند که افزودن لیپاز میکروبی (صفر تا ۸ گرم لیپاز به‌ازای ۱۰۰ کیلوگرم شیر) تأثیر معنی‌داری بر مقادیر pH، اسیدیته، رطوبت و محتوای نمک پنیر لیقوان نداشت [۱٤].

اگرچه تولید پنیر یک هنر باستانی می‌باشد، اما امروزه برای تولید پنیری باکیفیت مناسب، می‌باید از علم و تکنولوژی روز استفاده نمود و از فرایندهای پیچیده شیمیایی و بیوشیمیایی ازجمله واکنش‌های پیچیده تخمیر طی دوره رسیدن آگاهی کاملی داشت. مهم‌ترین عوامل مؤثر در لیپولیز و ایجاد عطر و طعم در پنیر، فعالیت منتج از آنزیم‌های ذاتی شیر، رنت و استارتر می‌باشد [۱۵]. امروزه به‌دلیل کنترل بهتر عطر و طعم محصول و سرعت بیشتر پنیرسازی، به‌جای لیپاز ذاتی شیر از لیپازهای تجاری استفاده می‌کنند. لیپاز تجاری حیوانی که برای افزایش عطر و طعم پنیر استفاده می‌گردد، غالباً از لوزالمعده گاو و خوک[1] و همچنین پیش معده نشخوارکنندگان جوان (بزغاله[2]، بره[3] و گوساله) به‌دست می‌آید [۹]. بنابراین این تحقیق به منظور بررسی تأثیر آنزیم لیپاز با منشاء گاوی و بزی بر پارامترهای رنگ و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر سفید فرآپالوده انجام پذیرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

برای تهیه پنیر فرآپالوده از شیر تازه ارسالی به کارخانه پگاه خوزستان (۰/۱٤ درصد اسید لاکتیک، ۱۱/۸۷ درصد ماده خشک، ۳/٤ درصد چربی و ۳/۱۷ درصد پروتئین) استفاده گردید. پودر استارتر مزوفیل CHOOZIT 230 حاوی مخلوط باکتری‌های *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *کرموریس* و *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* و استارتر ترموفیل YO-MIX 532 حاوی *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه *بولگاریکوس* از شرکت دانیسکوی آلمان و رنت با نام تجاری کی‌مکس[4] از نوع کیموزین نوترکیب بیان‌شده توسط قارچ *آسپرژیلوس نیجر واریته آوامووری*[5] از شرکت کریستین هانسن دانمارک خریداری گردید. همچنین از

1-porcine
2- Kid goat
3- lamb

4 -Chey-Max
5 -*Aspergillus niger var. awamori*

آنزیم‌های لیپاز با منشأ غدد اپی‌گلوت حاصل از گوساله و بزغاله ساخت شرکت کاگلیفیکیو کلریسی[1] ایتالیا استفاده شد. این آنزیم‌ها به شکل پودر سفید رنگ متمایل به زرد در بسته‌های ۵۰۰ گرمی خریداری و تا زمان نگهداری در دمای یخچال نگهداری گردیدند. قدرت هر یک از آنزیم‌های مذکور مطابق اطلاعات بسته‌ها ۱۰ واحد به ازای هر گرم آنزیم بود و ترکیب آن شامل آنزیم لیپاز، کلرید سدیم، پودر پروتئین آب‌پنیر شیر و کازئین بود. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از درجه خلوص بالا برخوردار بود و از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

۲-۲- تولید پنیر سفید ایرانی فرآپالوده

پنیر فرآپالوده مطابق روش دانش و همکاران (۱۳۹۶) در کارخانه شیر پگاه شوش خوزستان تولید گردید [۱۶]. شیر با کیفیت بالا از لحاظ میکروبی و فیزیکوشیمیایی، پس از خنک شدن در مبدل حرارتی با دمای ۴-۶°C وارد مخازن نگه‌داری شیر خام مخصوص تولید پنیر فرآپالایش شد. پس از استاندارد کردن میزان چربی شیر در سپراتور، شیر با چربی استاندارد طی دو مرحله باکتوفوگاسیون گردید تا بیش از ۹۹ درصد از بار میکروبی آن کاسته شود. سپس شیر در مبدل حرارتی صفحه‌ای در دمای ۷۶ °C به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه و برای خنک‌سازی تا دمای ۶ °C به مخازن نگه‌داری شیر پاستوریزه فرستاده شد. جهت تغلیظ، شیر پاستوریزه ابتدا توسط مبدل حرارتی صفحه‌ای تا دمای ۵۰ °C گرم شد و پس از عبور از غشای فرآپالایش به دو بخش تراوه و ناتراوه تقسیم شد. سپس ناتراوه به پاستوریزاتور صفحه‌ای با دمای ۷۸ °C رفته و به مدت ۱۶ ثانیه پاستوریزه و در ادامه در دستگاه هموژنیزاسیون با فشار ۵۰ بار هموژن شد و در نهایت در تانک استیل ذخیره گردید. جهت تولید پنیر فرآپالوده، دمای ناتراوه به ۱± ۳۱ °C تنظیم شد و پس از افزودن مقدار ۰/۰۱ درصد مخلوط پودر استارتر مزوفیل و ترموفیل و ۰/۰۳ گرم رنت به ازای هر کیلوگرم ناتراوه، نمونه‌ها در داخل بسته‌های پنیر ^{CC}۴۰۰ ریخته شدند. تیمار آنزیمی لیپاز با منشأ بزی یا گاوی در غلظت‌های متفاوت (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ گرم آنزیم بر کیلوگرم ناتراوه) همزمان با افزودن رنین انجام شد. سپس ظروف پنیر به تونل انعقاد با دمای حدوداً ۳۱ °C انتقال داده شد و بعد از سپری شدن مدت زمان ۳۰ دقیقه و تشکیل لخته، مقدار ۴ درصد نمک خوراکی (وزنی/وزنی) روی کاغذ پارچمنت[2] که در سطح بالایی پنیر قرار داشت ریخته شد و با استفاده از فویل آلومینیم، درب‌بندی ظروف در دستگاه روتامین انجام گرفت. در پایان، پس از گرمخانه‌گذاری (دمای ۳۷ ±۱ °C °C) و رسیدن pH به ۴/۸، نمونه‌ها به سردخانه با دمای ۵ °C منتقل شدند و طی مدت ۹۰ روز نگهداری از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند.

۲-۳- ارزیابی ویژگی‌های رنگ

رنگ نمونه‌های پنیر با استفاده از رنگ‌سنج[3] (سری CR-۴۰۰، ساخت ژاپن) انجام گرفت که در آن L^*، a^* و b^* به‌ترتیب نشان‌دهنده روشنایی، قرمزی و زردی می‌باشد [۱۷].

۲-۴- ارزیابی فیزیکوشیمیایی پنیر

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (AZ، مدل ۸۶۵۰۲، تایوان)؛ اسیدیته از طریق تعیین مقدار اسیدلاکتیک قابل سنجش به وسیله تیتر کردن محلول رقیق شده از پنیر با محلول سود یک نهم نرمال در حضور معرف فنل‌فتائین؛ چربی توسط روش حجمی ژربر و استفاده از بوتیرویمتر؛ رطوبت نمونه‌های پنیر به روش آون‌گذاری در دمای ۱۰۵ °C در دمای حدود ۲ ساعت و تا رسیدن به وزنی ثابت؛ و مقدار پروتئین کل از طریق حاصل‌ضرب مقدار نیتروژن به‌دست آمده به روش میکروکلدال در فاکتور ۶/۳۸ مطابق روش‌های AOAC (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد [۱۸].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

1 -Caglificio Clerici
2 -parchment paper
3 -Chroma meter

در این تحقیق، با توجه به استفاده از دو نوع آنزیم لیپاز (با منشاء گاوی و بزی) در چهار سطح (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/٤ گرم آنزیم به ازای هر کیلوگرم ناتراوه)، تعداد ۸ تیمار پنیر حاوی آنزیم لیپاز تولید شدند و از نظر پارامترهای رنگ و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی با نمونه شاهد (فاقد آنزیم لیپاز افزوده شده حیوانی) طی مدت سه ماه نگه‌داری (پس از تولید نمونه، و گذشت ۳۰، ٦۰ و ۹۰ روز از تولید نمونه‌ها) مقایسه شدند. ۹ تیمار مورد بررسی در ۳ تکرار تولید شدند و برای بررسی اثرات اصلی و برهمکنش میان متغیرها بر ویژگی‌های مورد بررسی از آنالیز دو طرفه (آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی) و برای مقایسه میانگین داده‌های تیمارها از آنالیز یک طرفه ANOVA استفاده شد [۱۹]. نتایج به‌دست آمده با کمک برنامه آماری SPSS ویرایش ۲٤ آنالیز و میانگین نتایج به کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه گردیدند. از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ برای ترسیم نمودارها استفاده شد. شایان ذکر است سطوح مختلف غلظت آنزیم لیپاز مورد استفاده در این تحقیق، پس از انجام آزمون‌های مقدماتی انتخاب گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پارامترهای رنگ

رنگ یکی از پارامترهای حسی مؤثر در پذیرش محصول توسط مصرف‌کنندگان است. پراکنش نور در هر سیستم به یکنواختی مولکول‌ها و سطوح ریزساختار آن بستگی دارد. در مواد جامدی چون پنیر، نور از لایه‌های سطحی نفوذ کرده و بخش بالای آن توسط گلبول‌های چربی شیر و همچنین حفره‌های آب‌پنیری پراکنده می‌گردد [۲۰]. نتایج تحلیل آماری اثر متغیر آنزیم لیپاز بزی و آنزیم لیپاز گاوی بر پارامترهای رنگ شامل روشنایی (L^*)، قرمزی (a^*)، زردی (b^*) پنیر سفید ایرانی فرآپالوده در جدول (۱) ارائه‌شده است. همانطور که در جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، هر دو متغیر تأثیر معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های رنگ مورد بررسی داشته‌اند.

۳-۱-۱- شاخص روشنایی (L^*)

نتایج نشان داد که نوع آنزیم لیپاز ($p<۰/۰۵$) و مقدار آن ($p<۰/۰۱$) بر میزان شاخص L^* اثر معنی‌داری داشت. مطابق جدول ۱، مقدار روشنایی در نمونه‌های پنیر حاوی آنزیم لیپاز بزی بالاتر از لیپاز گاوی بود؛ ضمن آن که با افزایش مقدار آنزیم در هر دو نوع آنزیم لیپاز گاوی و بزی، مقدار روشنایی افزایش یافت. هرچند اختلاف معنی‌داری از این نظر میان نمونه‌های پنیر شاهد تولیدشده با نمونه‌های حاوی سطوح پایین آنزیم لیپاز بزی یا گاوی به‌ویژه نمونه حاوی ۰/۱ گرم برکیلوگرم ناتراوه آنزیم لیپاز گاوی در ابتدای زمان نگه‌داری وجود نداشت، اما با گذشت زمان نگه‌داری این اختلافات معنی‌دار گردید و نمونه‌های پنیر فرآپالوده‌ی حاوی سطوح پایین آنزیم از میزان شاخص روشنایی بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. میانگین مقدار شاخص روشنایی پنیر شاهد و نمونه‌های حاوی آنزیم لیپاز بزی و گاوی به ترتیب ۸٦/۹۲، ۸۸/٤٦ و ۸۸/۸٤ تعیین گردید. علت پایین‌تر بودن شاخص L^* در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی آنزیم لیپاز می‌تولند به‌دلیل رطوبت بالاتر و افزایش حفره‌های آب‌پنیر در نمونه‌های حاوی آنزیم باشد چراکه هیدراتاسیون پروتئین‌ها می‌تواند سبب افزایش پخش نور و سفیدی پنیر شود [۲۰]. در نتایجی مشابه، قنبری و همکاران [۲۱] طی بررسی پارامترهای رنگ در نمونه‌های پنیر سفید کم‌چرب محتوی جایگزین چربی گزارش کردند که کاهش چربی سبب کاهش قابل توجه مقادیر L^* در پنیر می‌شود. رستم‌آبادی و همکاران (۱۳۹٦) نیز نشان دادند که کاهش مقدار چربی در نمونه‌های حاوی صمغ فارسی سبب افزایش محتوای رطوبت پنیر و در نتیجه افزایش مقدار روشنایی نمونه‌ها گردید [۲۰]. در هرحال کوکا و متین [۲۲] و جوآن و همکاران [۲۳] بر خلاف نتایج حاضر کاهش مقدار روشنایی و مات شدن نمونه‌های پنیر را در نتیجه‌ی کاهش چربی گزارش کردند. همچنین با گذشت زمان نگهداری، مقدار روشنایی نمونه‌های پنیر به‌طور قابل توجهی ($p<۰/۰۱$) افزایش

یافت به‌طوری که مقدار میانگین روشنایی در روزهای ۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ روز نگهداری به‌ترتیب ۸۵/۱۸، ۸٦/٥٤، ۸۸/۳۸ و ۹۳/۷۵ تعیین شد. براساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۱)، بیش‌ترین میزان شاخص L^* با مقدار ۹٥/٤۲ مربوط به نمونه حاوی بالاترین سطح آنزیم لیپاز بزی در پایان ۹۰ روز نگهداری و کمترین میزان آن با مقدار ۸٤/۲٤ مربوط به نمونه شاهد در ابتدای مدت نگهداری تعیین شد.

Table 1. Effect of calf and kid goat lipases and their concentrations on color parameters of ultrafiltrated white cheeses during 90 days of cold storage

Color parameter	Storage time (Day)	Control	Calf lipase (g/Kg retentate)				Kid goat lipase (g/Kg retentate)			
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4
L^*	0	84.24 ±0.46^{Dd}	84.43 ±0.30^{Dd}	85.04±0.39^{Dbcd}	85.51±0.49^{Dabc}	85.73 ±0.33^{Dab}	84.71 ±0.64^{Dcd}	85.02 ±0.26^{Dbcd}	85.61 ±0.59^{Dab}	86.29 ±0.23^{Da}
	30	85.56 ±0.48^{Cd}	85.71 ±0.70^{Cd}	86.72±0.39^{Cabc}	86.99 ±0.56^{Cd}	87.33 ±0.58^{Ca}	85.91 ±0.23^{Ccd}	86.38 ±0.61^{Cbcd}	87.02 ±0.04^{Cab}	87.25 ±0.44^{Cab}
	60	86.67 ±0.29^{Bg}	87.22 ±0.60^{Bfg}	87.73 ±0.29^{Bef}	88.38 ±0.43^{Bcd}	88.96 ±0.32^{Bbc}	88.12 ±0.31^{Bde}	88.95 ±0.05^{Bbc}	89.47 ±0.27^{Bab}	89.89 ±0.43^{Ba}
	90	91.21 ±0.17^{Ae}	93.06 ±0.30^{Ad}	93.80 ±0.32^{Ac}	94.25 ±0.35^{Abc}	94.56 ±0.59^{Ab}	93.20 ±0.27^{Ad}	93.90 ±0.14^{Ac}	94.30 ±0.32^{Abc}	95.42 ±0.29^{Aa}
a^*	0	-1.83 ±0.11^{Ba}	-1.79 ±0.08^{Ba}	-1.78 ±0.09^{Da}	-1.80 ±0.12^{Ca}	-1.80 ±0.06^{Da}	-1.82 ±0.07^{Ba}	-1.82 ±0.10^{Ba}	-1.85 ±0.08^{Ca}	-1.85 ±0.09^{Ca}
	30	-1.91 ±0.10^{Ba}	-1.90 ±0.06^{Ba}	-1.92 ±0.03^{Ca}	-1.93 ±0.06^{Ca}	-1.95 ±0.09^{Ca}	-1.91 ±0.16^{Ba}	-1.86 ±0.16^{Ba}	-1.93 ±0.14^{Ca}	-1.94 ±0.11^{Ca}
	60	-2.34 ±0.13^{Aa}	-2.34 ±0.14^{Aa}	-2.35 ±0.05^{Ba}	-2.37 ±0.07^{Ba}	-2.37 ±0.05^{Ba}	-2.33 ±0.12^{Aa}	-2.37 ±0.09^{Aa}	-2.38 ±0.06^{Ba}	-2.38 ±0.10^{Ba}
	90	-2.53 ±0.14^{Aa}	-2.52 ±0.14^{Aa}	-2.55 ±0.08^{Aa}	-2.56 ±0.08^{Aa}	-2.57 ±0.04^{Aa}	-2.54 ±0.16^{Aa}	-2.56 ±0.12^{Aa}	-2.58 ±0.05^{Aa}	-2.61 ±0.12^{Aa}
b^*	0	9.41 ±0.52^{Da}	9.20 ±0.21^{Dab}	9.08 ±0.24^{Dab}	8.87 ±0.32^{Dab}	8.68 ±0.19^{Dbc}	9.11 ±0.22^{Dab}	8.98 ±0.33^{Dab}	8.55 ±0.14^{Dbc}	8.22 ±0.22^{Dc}
	30	10.45 ±0.20^{Ca}	11.03 ±0.61^{Ca}	10.22 ±0.22^{Ca}	9.96 ±0.07^{Ca}	9.90 ±0.12^{Ca}	10.22 ±0.22^{Ca}	10.06 ±0.26^{Ca}	10.00 ±0.15^{Ca}	9.99 ±0.34^{Ca}
	60	11.78 ±0.35^{Ba}	11.56 ±0.35^{Bab}	11.44 ±0.44^{Bab}	11.22 ±0.23^{Babc}	11.05 ±0.24^{Bbc}	11.37 ±0.38^{Bab}	11.18 ±0.19^{Bbc}	10.91 ±0.16^{Bbc}	10.78 ±0.23^{Bc}
	90	12.49 ±0.19^{Aa}	12.43 ±0.22^{Aab}	12.28 ±0.36^{Aab}	12.12 ±0.38^{Aab}	12.04 ±0.31^{Aab}	12.33 ±0.35^{Aab}	12.11 ±0.34^{Aab}	11.88 ±0.33^{Aab}	11.89 ±0.19^{Ab}

Different small and capital letters indicate significant differences ($p<0.05$) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

۳-۱-۲- شاخص قرمزی-سبزی (a^*)

شاخص a^* نشان دهنده‌ی تغییرات رنگ از قرمز (مقادیر مثبت) تا سبز (مقادیر منفی) است. براساس جدول ۱، پارامتر a^* برای همه نمونه‌ها با مقادیر منفی مشاهده شدند که به احتمال زیاد می‌تواند به دلیل حضور ریبوفلاوین در نمونه-های پنیر باشد [۲٤]. درهرحال، همانگونه که در جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود، نتایج بیانگر عدم وجود اثرات معنی‌دار متغیر آنزیم لیپاز بر شاخص a^* نمونه‌ها بود. میانگین مقدار شاخص a^* در نمونه‌های پنیر شاهد، و حاوی آنزیم لیپاز بزی و آنزیم گاوی به ترتیب ۲/۱۵-، ۲/۱٦- و ۲/۱۷- تعیین گردید.

برخلاف آنزیم لیپاز، زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر مقادیر a^* نمونه‌های پنیر داشت و با گذشت زمان نگهداری این شاخص افزایش معنی‌داری یافت. مقدار میانگین شاخص a^* در روزهای ۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ نگهداری به‌ترتیب ۱/۸۲-، ۱/۹۲-، ۲/۳٦- و ۲/۵٦- تعیین شد. همچنین، مطابق نتایج به‌دست آمده (جدول ۱)، بیش‌ترین میزان شاخص سبزی با مقدار ۲/٦۱- مربوط به نمونه حاوی بالاترین سطح آنزیم لیپاز بزی (۰/٤ گرم آنزیم به ازای هر کیلوگرم ناتراوه) در پایان ۹۰ روز نگهداری و کمترین میزان آن با مقدار ۱/۷۸- مربوط به نمونه حاوی ۰/۲ گرم آنزیم لیپاز گاوی در ابتدای مدت نگهداری تعیین شد. علت افزایش شاخص سبزفامی طی مدت نگهداری نمونه‌های پنیر فرآپالوده طی مدت زمان نگهداری می‌تواند به‌دلیل افزایش سینرزیس نمونه‌ها باشد [۲۵]. سینرزیس در ماست سبب رها شدن سرم حاوی ریبوفلاوین و در نتیجه افزایش سبزفامی محصول می‌گردد [۲٤]. در مطابقت با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، کانگ و همکاران [۲٦] کاهش قرمزی یا افزایش سبزفامی را در نمونه‌های ماست شاهد و حاوی عصاره تخمیر شده‌ی فلفل سبز و قرمز تند طی مدت زمان نگهداری گزارش نمودند. دلیل این تغییرات رنگ در محصول احتمالاً اکسیداسیون ترکیبات کاروتنوئیدی مؤثر در رنگ قرمزی محصول طی مدت نگهداری است [۲۷ و ۲۸].

۳-۱-۳- شاخص زردی (b^*)

مقادیر شاخص b^* نمونه‌های پنیر فرآپالوده حاوی مقادیر مختلف دو نوع آنزیم لیپاز گاوی و بزی طی دوره نگهداری در جدول ۱ نشان داده شده است. از آنجایی که مقادیر مثبت شاخص b^* معادل رنگ زرد و مقادیر منفی این کمیت معادل رنگ آبی است، بنابراین تمامی نمونه‌های پنیر فرآپالوده طی مدت ۹۰ روز نگهداری دارای رنگ زرد می‌باشند. همچنین مطابق جدول ۱، هر دو متغیر مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر شاخص b^* نمونه‌ها ($p<$ ۰/۰۱) داشتند. مقدار شاخص b^* در نمونه‌های محتوی لیپاز کمتر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت لیپاز، شاخص b^* نمونه‌ها کاهش می‌یافت. در این میان، هرچند مقدار شاخص b^* نمونه‌های پنیر حاوی آنزیم لیپاز گاوی بیشتر از آنزیم لیپاز بزی بود، اما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. میانگین زردی نمونه‌های پنیر شاهد، حاوی آنزیم لیپاز گاوی و آنزیم بزی به ترتیب ۱۱/۰۳، ۱۰/٦۹ و ۱۰/۵۱ تعیین گردید. در مطابقت با نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، رانی و جاگتاپ [۲۹] در بررسی تأثیر افزودن ۲۰۰ و ۸۰۰ واحد آنزیم لیپاز در تولید پنیر سوئیسی گزارش کردند که استفاده از آنزیم سبب کاهش نسبی زردی نمونه‌ها در مدت ٦۰ روز نگهداری می‌گردد. یسیر و آسیک [۳۰] نیز کاهش قابل توجه زردی خمیر مرنگ[14] را در نتیجه-ی تیمار آنزیمی لیپاز گزارش نمودند. کاهش شاخص رنگ زردی در نتیجه‌ی تیمار لیپاز همان‌گونه که قبلاً گفته شد می-تواند به‌دلیل اکسیداسیون ترکیبات کاروتنوئیدی و همچنین تجزیه چربی پنیر به‌واسطه‌ی واکنش لیپولیز باشد.

به‌علاوه، نتایج این تحقیق نشان داد که پارامتر زردی یا b^* نمونه‌ها در طی ۹۰ روز دوره نگهداری به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. مقدار میانگین شاخص b^* در روزهای ۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ نگهداری به‌ترتیب ۸/۹۱، ۱۰/۲۲، ۱۱/۲۷ و ۱۲/۱۹ تعیین شد. مطابق نتایج به‌دست آمده در جدول ۱،

14 -Meringue

بیش‌ترین میزان شاخص زردی با مقدار ۱۲/٤۹ مربوط به نمونه شاهد در ابتدای مدت نگهداری و کمترین میزان آن با مقدار ۸/۲۲ مربوط به نمونه پنیر حاوی بالاترین سطح آنزیم لیپاز بزی (۰/٤ گرم آنزیم به ازای هر کیلوگرم ناتراوه) در پایان ۹۰ روز نگهداری مشخص شد. افزایش زردی پنیر طی مدت نگهداری توسط سایر محققین مانند روهم و جاروس در پنیر امنتال [۳۱]، سرت و همکاران در پنیر تولوم[15] [۳۲] و فرناندز و همکاران در پنیر سرانا[16] [۳۳] گزارش شده است.

۳-۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر دو متغیر نوع آنزیم و زمان نگهداری بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر سفید ایرانی فرآپالوده در جدول ۲ ارائه شده است. همانطور که در این جدول می‌توان مشاهده نمود، هر دو متغیر تأثیر معنی‌داری بر تمامی ویژگی‌های مورد بررسی داشته‌اند. به‌علاوه، به غیر از پروتئین، در سایر موارد اثر متقابل معنی‌داری میان دو متغیر مورد آزمایش مشخص گردید.

Table 2. The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of lipase addition and storage time on some physicochemical characteristics of ultrafiltrated cheeses.

Treatments	df	Mean Square			
		Acidity	Moisture	Fat	Protein
Lipase	2	389.5**	7.63*	0.70*	3.72*
Storage Time (Day)	2	1041**	129.1**	4.47**	4.39**
Lipase × Storage Time	2	234.1*	3.55*	0.10*	0.071^{NS}
Error	4	13.36	0.539	0.006	3.505
Coefficeint variation	2	3.737	1.114	0.618	1.345

NS, * and ** respectively indicate: non-significance, and significance at p<0.05 and p<0.01 levels.

۳-۲-۱- اسیدیته

تأثیر دو متغیر آنزیم لیپاز و مدت زمان نگهداری بر مقادیر اسیدیته نمونه‌های پنیر فرآپالوده به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ۲ می‌توان مشاهده نمود، هر دو متغیر مورد بررسی به‌طور قابل‌توجهی (p<۰/۰۱) مقادیر اسیدیته پنیرهای تولیدی را تحت تأثیر قراردادند. مقدار اسیدیته در تمامی نمونه‌های محتوی لیپاز بیشتر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت لیپاز، مقدار اسیدیته نمونه‌ها افزایش بیشتری می‌یافت. در این میان، مقدار اسیدیته نمونه‌های پنیر حاوی آنزیم لیپاز گاوی کمتر از آنزیم لیپاز بزی بود که نشان‌دهنده فعالیت بیشتر آنزیم لیپاز بزی می‌باشد. میانگین مقادیر اسیدیته نمونه‌های پنیر شاهد، و حاوی آنزیم‌های لیپاز گاوی و بزی به ترتیب ۸۷/٥٦، ۹۷/٤۷ و ۱۰۱/۷۱ تعیین گردید. افزایش اسیدیته عمدتاً به دلیل تخمیرهای لاکتیکی و تولید اسیدلاکتیک است. همچنین فعالیت آنزیم لیپاز منجر به تولید مقدار زیادی اسیدهای چرب آزاد می‌شود. این عامل می‌تواند منجر به افزایش اسیدیته شود.

15- Tulum

16 -Serrana

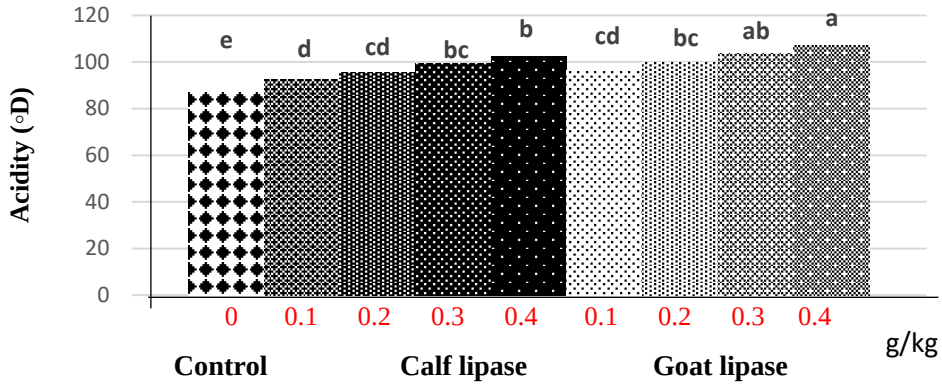

FIG. 1. Effect of lipase addition on acidity of ultrafiltrated cheeses during cold storage period.

با توجه به شکل ۲، اسیدیته نمونه‌های پنیر فرآپالوده تولیدی در طول دوره نگهداری از روز ۰ تا ٦۰ افزایش و سپس تا روز ۹۰ نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش اسیدیته پنیر در طی دوره نگهداری ناشی از تکمیل نسبی تخمیر لاکتوز توسط باکتری‌های آغازگر و فلور میکروبی پنیر و تولید هیدروژن، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب می‌باشد [١٤]. بر اساس نتایج این تحقیق، نمونه پنیر حاوی ۰/٤ درصد آنزیم لیپاز بزی در روز ٦۰ دوره نگهداری با مقدار ۱۰۸/۸٤ داری بیشترین و نمونه شاهد در ابتدای مدت نگهداری با مقدار ٦۲/۱٦ دارای کمترین مقدار اسیدیته بود. در مطابقت با نتایج این پژوهش، ییلماز و همکاران [٣٤] در پژوهشی گزارش نمودند که با افزایش غلظت لیپاز میکروبی در طی رسیدن پنیر تولوم pH کاهش و اسیدیته افزایش می‌یابد.

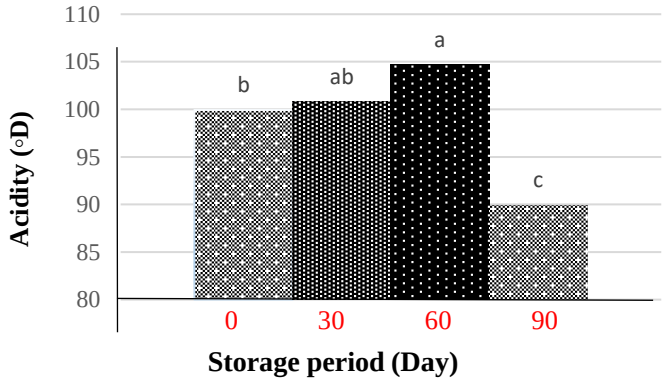

FIG. 2. Effect of storage period on acidity of ultrafiltrated cheeses treated with animal lipases.

۳-۲-۲- رطوبت

تغییرات مقادیر رطوبت نمونه‌های پنیر فرآپالوده تحت تأثیر دو متغیر مورد بررسی به‌ترتیب در شکل‌های ۳ و ٤ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول ۲ نیز می‌توان مشاهده نمود، مقادیر مختلف آنزیم لیپاز ($p<۰/۰۵$) و دوره نگهداری ($p<۰/۰۱$) به‌طور معنی‌داری مقادیر رطوبت پنیرهای تولیدی را تحت تأثیر قرار دادند. مقدار رطوبت در تمامی نمونه‌های محتوی لیپاز بیشتر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت لیپاز، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش بیشتری می‌یافت؛ اما اختلافی از نظر رطوبت میان نمونه‌های پنیر حاوی آنزیم لیپاز بزی و آنزیم لیپاز گاوی مشاهده نشد. میانگین مقادیر رطوبت نمونه‌های پنیر شاهد، حاوی آنزیم لیپاز گاوی و آنزیم بزی به ترتیب ٦۳/۰٤، ٦۵/۵۹ و ٦٦/۳۷ تعیین گردید. افزایش رطوبت در نمونه‌های محتوی آنزیم احتمالا می‌تواند به دلیل تجزیه چربی نمونه‌ها توسط آنزیم لیپاز باشد. آنزیم لیپاز سبب هیدرولیز تری‌گلیسریدها و آزاد شدن اسیدهای چرب شده و به این ترتیب اسیدهای چرب آزاد منتشر شده به اطراف محصول به‌ویژه سطح آن مهاجرت کرده و به این

ترتیب از خروج آب جلوگیری می‌کند، چرا که عامل بین سر قطبی چربی شیر و آب باعث حفظ فاز سرم در پنیر می‌شود [۳۵]. در تایید این نتایج، جوینده و حجتی [۱۱] افزایش قابل توجه اسیدهای چرب آزاد را در نتیجه‌ی تیمار آنزیمی لیپاز به‌ویژه با منشاء بزی نسبت به لیپاز گاوی گزارش کردند.

همچنین کاهش چربی پنیر موجب افزایش نسبت پروتئین پنیر می‌شود و با افزایش ظرفیت جذب آب توسط ماتریکس پروتئینی، مقدار رطوبت پنیر را افزایش می‌دهد.

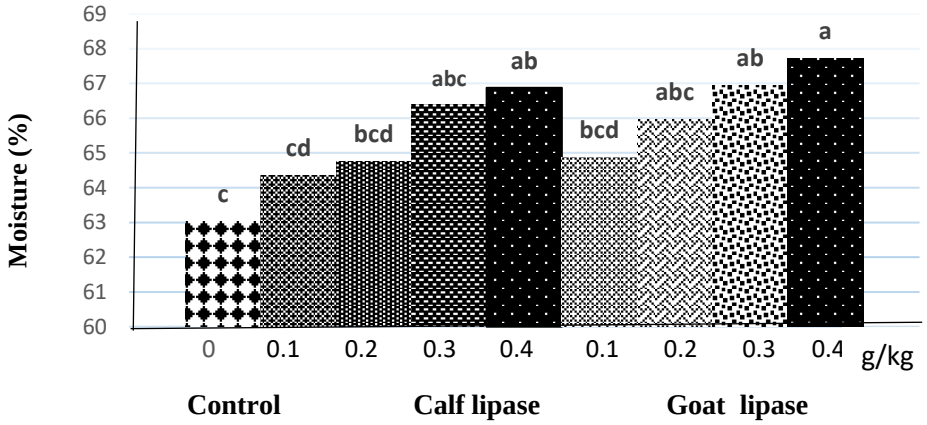

FIG. 3. Effect of lipase addition on moisture of ultrafiltrated cheeses during cold storage period.

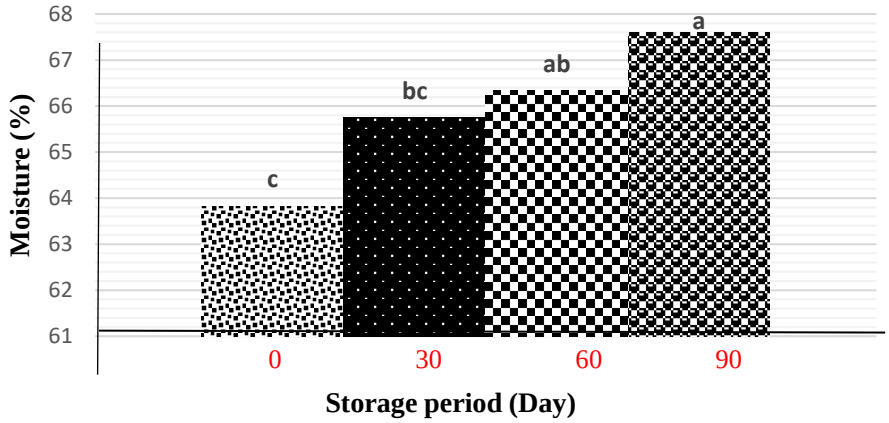

FIG. 4. Effect of storage period on moisture content of ultrafiltrated cheeses treated with animal lipases.

با توجه به جدول ۲، میان دو متغیر آنزیم لیپاز و زمان نگهداری اثر متقابل معنی‌داری بر رطوبت نمونه‌های پنیر سفید ایرانی فرآپالوده وجود داشت ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج، نمونه پنیر محتوی ۰/۳ درصد آنزیم لیپاز بزی در پایان مدت نگهداری با مقدار ۶۹/۵۰ درصد داری بیشترین و نمونه شاهد در ابتدا دوره نگهداری با مقدار ۶۰/۶۳ درصد دارای کمترین مقدار رطوبت بود. وجود اختلافات معنی‌دار بین میزان رطوبت پنیرهای محتوی آنزیم با فاقد آنزیم به دلیل تفاوت در میزان سایر ترکیبات پنیر به‌خصوص پروتئین آن‌ها باشد. بالا بودن میزان پروتئین در پنیرهای با چربی کاهش‌یافته ممکن است همراه با بالا رفتن جذب آب در شبکه‌ی پروتئینی و درنتیجه بالا رفتن میزان رطوبت در نمونه‌های پنیر شود [۲۱]. نتایج این پژوهش با نتایج صلحی و همکاران [۳۶] مطابقت، و با تحقیقات آیدمیر و همکاران [۱۲] و آکین و همکاران [۱۳] مغایرت داشت.

۳-۲-۳- پروتئین

همانطور که در جدول ۲ تجزیه واریانس و شکل‌های ۵ و ۶ می‌توان مشاهده نمود، آنزیم لیپاز و طی دوره نگهداری سبب

تغییرات معنی‌داری در پروتئین نمونه‌های پنیر فرآپالوده شد. مقدار پروتئین در تمامی نمونه‌های محتوی لیپاز بیشتر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت آنزیم لیپاز، مقدار پروتئین نمونه‌ها افزایش می‌یافت. میانگین مقادیر پروتئین نمونه‌های پنیر شاهد، حاوی آنزیم لیپاز بزی و آنزیم گاوی به ترتیب ۱۵/۵۷، ۱۶/۵۱ و ۱۶/۴۱ درصد تعیین گردید. هنگامی‌که میزان چربی پنیر در اثر لیپولیز کاهش پیدا می‌کند، پروتئین نقش بیشتری را در ساختار و بافت پنیر ایفا می‌کند. این تغییرات باعث تغییراتی در ویژگی‌های حسی، کارکردی، میکروبی و شیمیایی پنیر می‌شود [۲۱]. گلبول‌های چربی نقش مهمی در ساختار پنیر دارند؛ بنابراین، با کاهش گلبول‌ها ساختار پنیر فشرده‌تر می‌شود [۳۷]. نتایج این پژوهش با نتایج یزدان‌پناه و همکاران [۳۸] مطابقت و با نتایج آیدمیر و همکاران [۱۲] مغایرت داشت.

با توجه به شکل ٦، محتوی پروتئین در همه نمونه‌های پنیر فرآپالوده تولیدی در طول دوره نگهداری از روز ۳ تا ٦۰ به طور معنی‌داری افزایش و سپس تا روز ۹۰ کاهش یافت. مطابق شکل ٦، مقدار پروتئین در محدوده ۱۵/۵۷ درصد (نمونه شاهد) تا ۱۷/۲۱ (تیمار حاوی ۰/٤ گرم آنزیم بزی به ازای هر کیلو ناتراوه) متغیر بود. کاهش پروتئین طی مدت نگهداری احتمالاً به علت تجزیه پروتئین‌های پنیر و ورود اندکی از آن‌ها به آب‌پنیر می‌باشد. در طول دوره نگهداری پنیر، پروتئین‌ها به ترکیباتی مانند نیتروژن محلول در آب و اسیدهای آمینه تبدیل شده که منجر به افزایش نیتروژن پنیر می‌شود [۳۸].

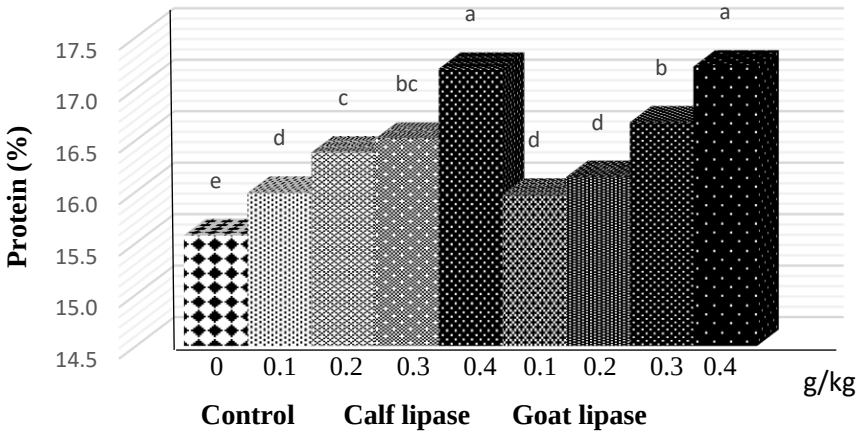

FIG. 5. Effect of lipase addition on protein content of ultrafiltrated cheeses during cold storage period.

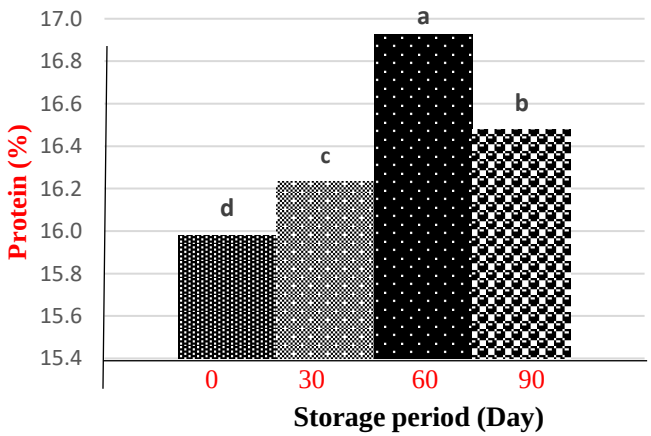

FIG. 6. Effect of storage period on protein content of ultrafiltrated cheeses treated with animal lipases.

۳-۲-٤- چربی

تغییرات مقادیر چربی نمونه‌های پنیر فرآپالوده حاوی مقادیر مختلف آنزیم لیپاز و طی دوره نگهداری به‌ترتیب در شکل-های ۷ و ۸ نشان داده شده است. همانگونه که می‌توان مشاهده نمود، هر دو متغیر مورد بررسی به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) مقادیر چربی پنیرهای تولیدی را تحت تأثیر قراردادند. مقدار چربی در تمامی نمونه‌های محتوی لیپاز کمتر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت لیپاز، مقدار چربی نمونه‌ها کاهش بیشتری می‌یافت. در این میان، تفاوتی میان مقدار چربی نمونه‌های پنیر حاوی آنزیم لیپاز گاوی و بزی مشاهده نگردید. میانگین مقادیر چربی نمونه‌های پنیر شاهد، حاوی آنزیم لیپاز گاوی و آنزیم بزی به ترتیب ۱۳/۳۸۵، ۱۲/۸۳٤ و ۱۲/۸۲٦ درصد تعیین گردید. کاهش چربی در نمونه‌های حاوی آنزیم را می‌توان به لیپولیز شدید چربی در نمونه‌های پنیر نسبت داد.

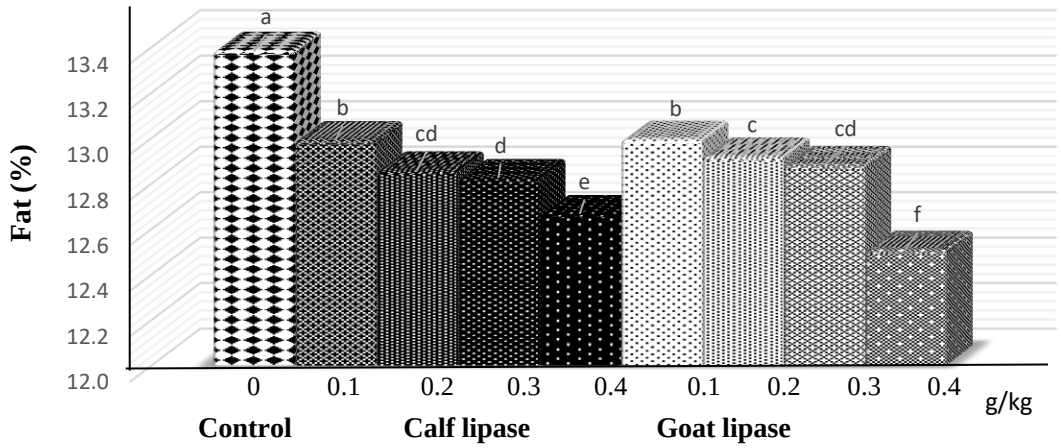

FIG. 7. Effect of lipase addition on fat content of ultrafiltrated cheeses during cold storage period.

با توجه به شکل ۸، محتوی چربی در همه نمونه‌های پنیر فرآپالوده تولیدی در طول دوره نگهداری از روز ۰ تا ۹۰ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش درصد چربی طی دوره نگهداری به‌دلیل لیپولیز و تجزیه چربی می‌باشد که متعاقب آن میزان اسیدهای چرب آزاد نیز افزایش می‌یابد. جوینده و حجتی در بررسی تأثیر تیمار شیر پنیرسازی با لیپازهای بزی و گاوی بر پنیر سفید آب‌نمکی نشان دادند که در میان نمونه‌های مختلف پنیر، نمونه شاهد با ۱۳۲/۹۱ کمترین و نمونه تیمار شده با ٦ گرم آنزیم لیپاز بزی (به ازای ۱۰۰ کیلو شیر) با ۳۰۹/۵۱ گرم به ازای ۱۰۰ کیلو پنیر دارای بالاترین مقدار کل اسیدهای چرب آزاد در پایان ۹۰ روز نگهداری در یخچال بودند [۱۱].

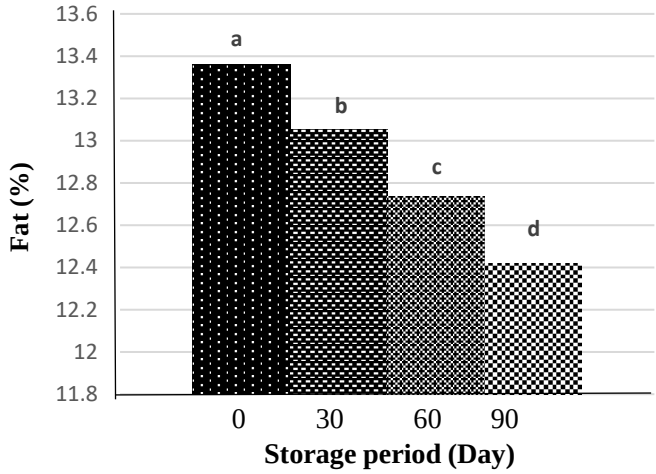

FIG. 8. Effect of storage period on fat content of ultrafiltrated cheeses treated with animal lipases.

با توجه به جدول ۲، اثر متقابل معنی‌داری میان دو متغیر مورد آزمایش بر مقدار چربی پنیر مشاهده شد. در میان نمونه‌های پنیر فرآپالوده، نمونه پنیر محتوی ۰/٤ گرم آنزیم لیپاز بزی در پایان مدت نگهداری با ۱۱/٤۲ درصد چربی داری کمترین و نمونه شاهد در ابتدای دوره نگهداری با مقدار ۱۳/۵۳ درصد چربی دارای بیشترین مقدار چربی بود. دلیل کاهش چربی باگذشت زمان را همانطور که گفته شد می‌توان به توسعه لیپولیز و تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیره و فرار نسبت داد. در مطابقت با نتایج این پژوهش، جوینده و همکاران [۳۹] و نصرتی و همکاران [٤۰] کاهش مقدار چربی در نمونه‌های پنیر فرآپالوده را به‌دلیل لیپولیز طی دوره نگهداری گزارش نمودند.

٤- نتیجه‌گیری

امروزه از آنزیم‌های مختلفی در صنعت لبنیات به‌ویژه در تولید پنیر استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به انواع هیدرولازها به‌خصوص انواع پروتئاز و لیپاز اشاره کرد. این آنزیم‌ها می‌توانند نقش مهمی در ایجاد عطر و طعم و رسیدگی پنیر ایفا کنند. اگرچه شیر به‌شکل طبیعی حاوی انواع مختلف لیپاز می‌باشد، این آنزیم‌ها از مقاومت حرارتی چندانی برخوردار نیستند و به‌راحتی طی فرآیند پاستوریزاسیون غیرفعال می‌شوند. بنابراین جهت تسریع زمان رسیدگی پنیر [۱۷] و بهبود و افزایش طعم پنیر می‌توان از آنزیم لیپاز استفاده نمود و در حین تولید پنیر آن را به شیر یا ناتراوه مورد استفاده افزود. در این تحقیق، تأثیر افزودن دو نوع آنزیم لیپاز با منشاء بزی و گاوی بر خصوصیات رنگ و برخی خواص فیزیکوشیمیایی پنیر سفید فرآپالوده طی مدت ۹۰ روز نگهداری بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار آنزیم لیپاز تأثیر قابل توجهی بر خصوصیات مورد بررسی داشته و به‌خصوص استفاده از سطوح بالای آن (۰/٤ گرم آنزیم به ازای هر ۱۰۰ کیلو ناتراوه) می‌تواند خصوصیات پنیر تولیدی را بهبود بخشد. هرچند به‌طور کلی در بررسی ویژگی‌های مورد بررسی پنیر تفاوت معنی‌داری میان دو آنزیم گاوی و بزی مشاهده نشد، اما آنزیم بزی سبب تغییرات بیشتری نسبت به نوع گاوی در پنیر گردید.

۵- سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان از پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام شده – است و به این منظور نویسندگان مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند. همچنین از مسئولین محترم کارخانه پگاه خوزستان به جهت تولید نمونه‌های پنیر قدردانی می‌گردد.

٦- منابع

17 -Accelerated ripened cheese

[1] Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., and McSweeney, P.L. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer, US.

[2] 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 & Nutrition*, 5: 669-677.

[3] 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.

[4] Jooyandeh, H. (2022). *Application of Enzymes in Dairy Products*. 1st ed., Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University Press. (In Persian)

[5] Jooyandeh, H., Kaur A. and Minhas K.S. (2009). Lipases in Dairy Industry. *Journal of Food Science and Technology*, 46(3): 181-189.

[6] Ghosh, P.K., Saxena, R.K., Gupta, R., Yadav, R.P., and Davidson, S. (1996). Microbial Lipases: *Production and Applications*: A Review. *Science Progress*, 79(Pt 2): 119-57.

[7] Hui, Y.H., and Evranuz, E.Ö. Eds. (2012). *Handbook of animal-based fermented food and beverage technology*. CRC Press.

[8] El-Hofi, M., El-Tanboly, E. S., & Abd-Rabou, N. S. (2011). Internet Journal of Food Safety. *Internet Journal of Food Safety*, 13: 293-302.

[9] Aravindan, R., Anbumathi, P. and Viruthagiri, T., (2007). Lipase applications in food industry. *Indian Journal of Biotechnology*, 6(2): 141-158.

[10] Georgala, A. (2016). Lipolysis profile of some non-European raw milk cheese varieties: a review. *Acta agriculturae Slovenica*, 108(2): 103-120.

[11] Jooyandeh, H., and Hojjati, M. (2022). Impact of Animal Lipase Enzymes on Development of Lipolysis in Iranian-White Brined Cheese during Storage Period. *Food Processing and Preservation Journal*, 14 (4): 37-54. (In Persian)

[12] Aydemir, S., Akin, N., and Kocak, C. (2001). Effect of lipase enzyme on the ripening of white pickled cheese. *Journal of Food Lipids*, 8(3): 205-213.

[13] Akın, N., Aydemir, S., Koçak, C., and Yıldız, M. A. (2003). Changes of free fatty acid contents and sensory properties of white pickled cheese during ripening. *Food Chemistry*, 80(1): 77-83.

[14] Aminifar, M., and Emam-Djomeh, Z. (2014). Changes of Texture, Microstructure and free fatty acid contents of Lighvan cheese during accelerated ripening with lipase. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 113-123.

[15] 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.

[16] 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)

[17] Jooyandeh H., Ebrahimi Kaykha, M.H., Alizadeh Behbahani B., and Noshad, M. (2023). Evaluating the quality of mutton meat coated with *Cordia myxa* fruit mucilage containing *Rosmarinus officinalis* essential oil during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17: 2062–2074.

[18] AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

[19] Jooyandeh, H., Minhas K.S. and Kaur A. (2009). Sensory Quality and Chemical Composition of Wheat Breads Supplemented with Fermented Whey Protein Concentrate and Whey Permeate. *Journal of Food Science and Technology*, 46(2): 146-148.

[20] 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)

[21] Ghanbari, S. E., Khosroshahi, A. A., Mortazavi, A., and Tavakolipour, H. (2012). Effect of xanthan gum on textual and reological properties of Iranian low–fat white cheese. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(33): 35-45. (In Persian)

[22] Koca, N., and Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(4), 365-373.

[23] Juan, B., Zamora, A., Quintana, F., Guamis, B., Trujillo, A.J. (2013). Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4), 478-483.

[24] Yademellat, M., Jooyandeh, H., and Hojjati, M. (2018). Comparison of some physiochemical and sensory properties of low-fat stirred yogurt containing Persian and Balangu-Shirazi gums. *Iranian Journal of*

Food Science and Technology, 14(72): 313-326. (In Persian)

[25] Jooyandeh, H., and Alizadeh Behbahani, B., (2024). Evaluation of the physicochemical and color characteristics of functional set yogurt containing yellow, red and orange bell pepper extract. *Food Research Journal*, In Press.

[26] Kang, S.H., Yu, M.S., Kim, J.M., Park, S.K., Lee, C.H., Lee, H.G., and Kim, S.K. (2018). Biochemical, Microbiological, and Sensory Characteristics of Stirred Yogurt Containing Red or Green Pepper (*Capsicum annuum* cv. Chungyang) Juice. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(3): 451-467.

[27] Wijesekara A, Weerasingha V, Jayarathna Sh, and Priyashantha H. (2022). Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. *Food Chemistry*, 14: 100332.

[28] Khamirian, R.A., Jooyandeh, H., Hesari, J., and Barzegar, H. (2017). Optimization and investigation on physicochemical, microbial and sensory quality of permeate-based probiotic orange beverage. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(65): 185-197. (In Persian)

[29] Rani, S., and Jagtap, Sh. (2019). Acceleration of Swiss cheese ripening by microbial lipase without affecting its quality characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1): 497–506.

[30] Yüceer, M., and Asik, H. (2020). Texture, rheology, storage stability, and sensory evaluation of meringue's prepared from lipase enzyme-modified liquid egg white. *Journal of Food Processing & Preservation*, 44(9): e14667.

[31] Rohm, H., and Jaros, D. (1996). Colour of hard cheese. *Z Lebensm Unters Forsch.*, 203(3): 241–244.

[32] Sert, D., Akin, N., and Aktumsek, A. (2014). Lipolysis in Tulum cheese produced from raw and pasteurized goats' milk during ripening. *Small Rumin Research*, 121: 351–360.

[33] Fernandes, A., Barreira, J.C.M., Barros, L., Mendonça, A., Ferreira Isabel, C.F.R., 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.

[34] Yilmaz, G., Ayar, A., and Akin, N. (2005). The effect of microbial lipase on the lipolysis during the ripening of Tulum cheese. *Journal of Food Engineering*, 69(3): 269-274.

[35] Lopez, C., Camier, B., and Gassi, J. Y. (2007). Development of the milk fat microstructure during the manufacture and ripening of Emmental cheese observed by confocal laser scanning microscopy. *International Dairy Journal*, 17(3): 235-247.

[36] Solhi, S.P., Sadeghi Mahoonak, A., Hesari, J. Ghorbani, M and Alami M. (2014). Effect of microbial lipase and protease on the flavor development of Iranian UF Feta cheese. *Food Research Journal*, 24(2): 201-213. (In Persian)

[37] 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.

[38] Yazdanpanah, S., Ehsani, M. R., & Mizani, M. (2014). Modeling lipolysis in acceleration of ripening of ultrafiltered-feta cheese. *International Journal of Biosciences* (IJB), 4(2): 309-315.

[39] Jooyandeh, H., Ghasemi, A., Hojjati, M. and Nasehi, B. (2020). Utilization of *Withania coagulans* extract as rennet replacer on color and physicochemical characteristics of ultrafilterated Iranian white cheese. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 17(99): 1-13. (In Persian)

[40] Nosrati Gh., Jooyandeh, H., Hojjati, M. and Noshad, M. (2023). Study on the Physicochemical Properties of Synbiotic UF-Cheese Containing demineralized Ultrafiltrated Whey powder and lactulose During Storage Period. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 20(139): 149-164. (In Persian)

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Calf and Goat Lipases on Color Parameters and Some Physicochemical Properties of UF-White Cheese During Storage Period

Abolhasan Sabetsolat [1], Hossein Jooyandeh•[2], Mohammad Hojjati[2], Hassan Barzegar[3]

1-MSc., 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

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/3/11
Accepted:2024/4/24

Keywords:

Animal lipase,

retentate,

lightness,

storage period

DOI: **10.22034/FSCT.21.151.209.**

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

ABSTRACT

The process of cheese production and ripening takes place with the help of an inclusive range of diverse and continuous biochemical reactions, which, if balanced, lead to the production of products with very desirable quality characteristics, including color and physicochemical properties. In this study, the kid goat and calf lipases at the levels of 0.1, 0.2, 0.3, and 0.4 g (per 100 Kg retentate) were used in the production of ultrufiltrated Iranian white cheeses. The effect of lipase treatment on color parameters (L^*, a^* and b^* values) and some physicochemical properties (acidity, moisture, protein and fat) of the product were evaluated. The cheese sample without enzymatic treatment considered as control and its color and physicochemical properties was compared with other cheese samples during 90 days of storage period. Analysis of variance showed that the lipase enzyme significantly increased L^* and b^* index values of the cheese samples but it had not significant effect on the a^* index. Furthermore, the time of storage caused a significant increase in these color parameters. Treatment with lipase and storage time had also significant effect on the physicochemical parameters. In general, by increasing the amount of lipase, and storage period, the amounts of acidity, moisture and protein increased and fat content decreased meaningfully. The results of this study revealed that by using 0.3-0.4 g lipase, particularly kid goat lipase, an ultrafiltrated Iranian white cheese with an acceptable quality can be produced.