



ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و ریزساختار پنیر کوزه تهیه شده از شیر گاو در

شرایط مختلف رسیدن

آسیه حسن زاده^{۱*}، زینب رفتنی امیری^۲، مهرناز امینی فر^۳

۱- استادیار موسسه آموزش عالی بصیر، آبیک، قزوین، ایران و دانش آموخته گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی ساری، مازندران، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

۳- دانشیار، گروه پژوهشی فرآورده های غذایی، کشاورزی و حلال، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده های کشاورزی،

پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	در این پژوهش ویژگی های فیزیکوشیمیایی، بافت و ریزساختار پنیر سنتی کوزه تهیه شده در دو نوع بسته بندی متفاوت (کوزه و پلاستیک) و در دو دمای رسیدن متفاوت که شامل خاک
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷	(۸-۱۲ °C) و یخچال (۵-۸ °C) می باشد، طی دوره رسیدن (۶۰ روز) با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان اسیدیته، رطوبت،
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲	نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل در پنیرهای رسیده در بسته بندی پلاستیکی به صورت معنی داری بالاتر بود ($P < 0.05$). صرف نظر از نوع بسته
کلمات کلیدی:	بندی، نمونه های رسانده شده در دمای خاک از اسیدیته، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل بالاتری برخوردار بودند. بررسی ویژگی های رئولوژیکی و ریزساختار پنیر کوزه نشان داد که تیمارهای بسته بندی شده در هر دو دمای خاک و یخچال دارای رطوبت کمتر و در نتیجه بافت سفت تری می باشند درحالی که تیمارهای بسته بندی شده در پلاستیک در هر دو دمای خاک و یخچال دارای منافذ بیشتر و کوچک تر و در نتیجه دارای ساختار اسفنجی و بافت نرم تری در مقایسه با دو تیمار دیگر می باشد.
DOI: 10.22034/FSCT.20.134.47 DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.4.8	
* مسئول مکاتبات: Asiehhasanzadeh@gmail.com	

۱- مقدمه

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

برای تولید پنیر، شیر گاوی تازه از شرکت پگاه تهران تهیه و در محل کارخانه پاستوریزه شد. استارتر از نوع (Freez dried starter culture) بود که شامل باکتری های *Lactobacillus bulgaricus* و *Streptococcus thermophilus* می باشد. مایه پنیر قارچی با نام تجاری میتو، ساخت شرکت سانگیوی کشور ژاپن و نیز کلبه مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق تولید شرکت مرک آلمان با درجه خلوص تجزیه ای از شرکت های معتبر تهیه شد. کوزه های سفالی و ظروف پلی اتیلنی از بازار تهیه شدند.

۲-۲- آماده سازی پنیر کوزه

تمام مراحل تهیه پنیر کوزه مطابق با منابع گفته شده انجام شد [۱، ۲، ۳]. با این تفاوت که در تهیه پنیر مورد آزمون از شیر گاو و اعمال فرایند حرارتی ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه استفاده شد (شکل ۱).

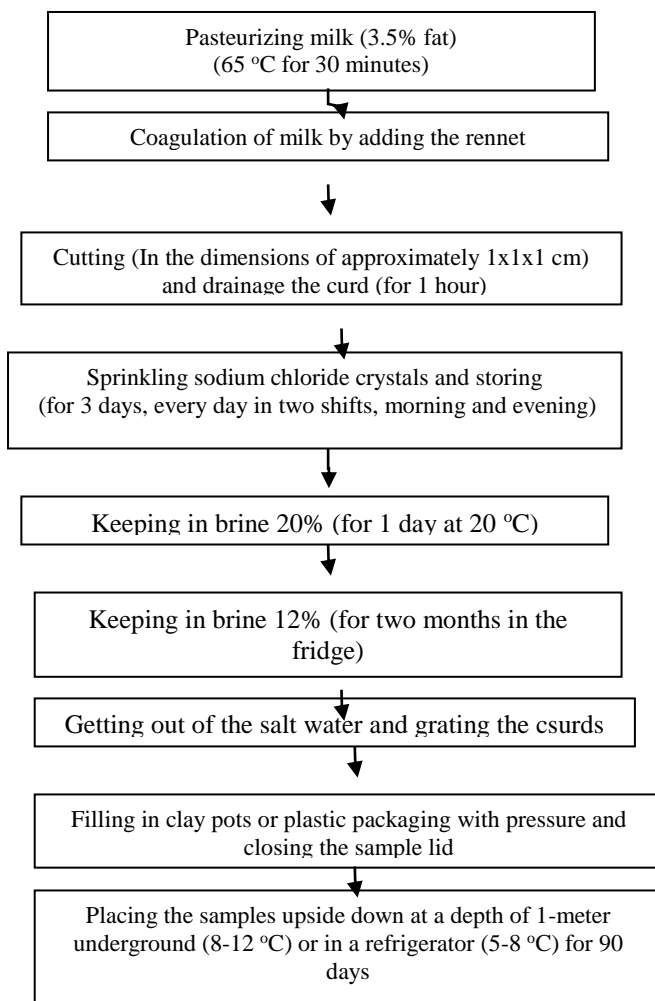


Fig 1. Flow diagram of production of Kope cheese.

پنیر کوزه ای که به نام های Jug cheese یا Pot cheese نیز شناخته شده است در نواحی غربی ایران به روشی سنتی در داخل کوزه سفالی و یا پوست دباغی شده گوسفند تهیه می شود، امروزه برخی از تولیدکنندگان پنیر کوزه ای از ظروف پلاستیکی و یا فلزی به دلیل کاربرد آسان تر به جای کوزه سفالی استفاده می کنند [۱، ۲ و ۳]. توجه به پنیرهای سنتی سبب شده است تا تولید کنندگان، شیوه های جدیدی در بسته بندی و شرایط نگهداری را مورد توجه قرار دهند که در این زمینه تحقیقاتی انجام شده است از جمله تاثیر مواد بسته بندی (کوزه و پلاستیک) و روش پرکردن بر روی ویژگی های پنیر ترکی اتلو توسط تاراکی [۴]، بررسی ویژگی های رسیدن پنیر ترکی کولک در بسته بندی های چوبی و پلاستیک توسط دروینساغلو و یازیکی [۵]، تاثیر بسته بندی های مختلف، کشت های آغازگر و پاستوریزاسیون بر ویژگی های شیمیایی، بافتی و حسی پنیر ترکیه ای تولوم توسط بابار و اوزرک [۶]، تاثیر پاستوریزاسیون، نوع بسته بندی و دماهای نگهداری بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر کوزه ای توسط سربازی و همکاران [۷] و بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی ۳۰ نمونه جمع آوری شده پنیر کوزه ای کارا از سطح بازار توسط کونار و گولر [۸]، انجام شد. تا کنون محققان زیادی به بررسی بافت پنیر پرداخته اند از جمله می توان به مطالعاتی که به بررسی رفتار رئولوژی در پنیرهای موزارلای آنالوگ توسط نولان و همکاران [۹]، در پنیرهای چشایر (Cheshire) و چدار توسط گوینه و همکاران [۱۰]، در پنیر هالومی توسط رافائلدس و همکاران [۱۱]، میلیسی و همکاران [۱۲]، و در پنیر کاشار توسط تاراکی و کوکونر [۱۳] انجام شد، اشاره نمود. تاکنون هیچ مطالعه ای در خصوص ویژگی های رئولوژیکی و ریزساختاری پنیر سنتی کوزه انجام نشده است. نوع بسته بندی و شرایط نگهداری پنیر طی دوره رسیدن تاثیر مهمی در خصوصیات کیفی پنیر دارد. در این پژوهش ویژگی های فیزیکوشیمیایی، بافت و ریزساختار پنیر سنتی کوزه تهیه شده در دو نوع بسته بندی متفاوت (کوزه و پلاستیک) و در دو دمای رسیدن متفاوت (در خاک و در یخچال) طی دوره رسیدن (سه ماه) مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی که در ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از تولید پنیر مورد ارزیابی قرار گرفت عبارتند از: pH، اسیدیته، ماده خشک، رطوبت، چربی، نیتروژن کل (TN) و نیتروژن محلول در آب (WSN). برای اندازه‌گیری رطوبت از روش حرارت‌دهی نمونه‌های پنیر تا رسیدن به وزن ثابت با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل (Sartorius Ltd., UK) استفاده شد و برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراژ از روش AOAC (1980) استفاده شد [۱۴]. اندازه‌گیری ماده خشک به روش مارشال [۱۵] و pH نمونه‌ها به وسیله دستگاه pH متر (Model Metrohm, 601) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری چربی مطابق استاندارد ISO 1735 (2012) انجام گرفت [۱۶]. برای اندازه‌گیری TN از روش کلدال [۱۷] و برای سنجش WSN از روش کوچرو و فاکس استفاده شد [۱۸]. در این روش ۲۰ گرم پنیر به همراه ۴۰ گرم آب به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۰ درجه سانتیگراد هم‌وزن گردید و سپس سوسپانسیون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت نگهداری شد. سپس سوسپانسیون حاصل در ۳۰۰۰×g به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفوژ گردید. مایع رویی سانتریفوژ شده از پشم شیشه عبور داده شد و نیتروژن آن را با روش کلدال اندازه‌گیری شد. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش ساخت کارخانه مرک آلمان و با درجه خلوص تجزیه‌ای بودند و تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

۲-۴- آزمون‌های رئولوژی

آزمون‌های رئولوژی شامل frequency و strain sweep توسط دستگاه رئومتر (اتریش، MC301, Anton Paar Country) انجام شد، آزمایشات در فرکانس زاویه ای ۰/۱۰۰-۰/۱ هرتز و $\approx 0/1$ strain که در آن ساختارهای تشکیل شده در سیستم محفوظ می‌ماند، انجام شد و مدول افت (G'')، مدول ذخیره (G') و تانژانت افت ($tg\delta$) مورد بررسی قرار گرفت [۱۹].

۲-۵- اندازه‌گیری ریزساختار نمونه‌های پنیر

نمونه‌های پنیر پس از آماده‌سازی درخشک کن تحت خلاء خشک شده و به مدت ۳۰۰ ثانیه در دستگاه (Balzers, BalTec Inc., Type SCD 005, Switzerland) پلافاشانی شد، سپس توسط میکروسکوپ الکترونی (XL30)

(Philips, Netherlands) تحت خلاء، با ۱۵KV بمباران الکترونی شد و با بزرگ‌نمایی ۲۰۰۰ عکسبرداری شدند، عکس‌ها با نرم‌افزار Image J مورد آنالیز قرار گرفتند [۲۰].

۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

طرح آزمایشی مورد استفاده از نوع فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود، جهت بررسی تاثیر هر یک از فاکتورها به تنهایی و اثر متقابل آن‌ها با استفاده از جدول تجزیه واریانس، از نرم‌افزار آماری SPSS, ver(17) استفاده شد. سپس میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال $(P<0/05)$ مقایسه گردید. کلیه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 ترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر

کوزه در شرایط مختلف رسیدن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۱) نشان داد که اثر نوع بسته‌بندی و زمان بر روی تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار است ($p<0/05$). همچنین اثر دما روی تمامی شاخص‌ها به جز میزان اسیدیته و شاخص نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل (WSN/TN) معنی‌دار است ($p<0/05$). اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه نیز بر تغییرات تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده به جز میزان اسیدیته معنی‌دار است ($p<0/05$).

با توجه به مقایسه حداقل میانگین مربعات اثر متقابل سه‌گانه (جدول ۲) می‌توان نتیجه‌گیری نمود که نوع بسته‌بندی و شرایط مختلف نگهداری پنیر طی دوره رسیدن تاثیر معنی‌داری روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر کوزه دارد ($P<0/05$). به صورت مشابهی اثر معنی‌دار نوع بسته‌بندی و دوره رسیدن روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر تلمه نیز گزارش شد [۲۱ و ۲۲]. pH تمامی تیمارها به صورت معنی‌داری طی دوره رسیدن کاهش می‌یابد و اسیدیته آن‌ها افزایش می‌یابد ($P<0/05$) که این موضوع می‌تواند ناشی از تخمیر لاکتوز توسط فلور لاکتیکی پنیر و تولید اسید لاکتیک باشد [۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶]. روند کاهش pH و افزایش اسیدیته طی دوره رسیدن با نتایج مطالعات محققان دیگر نیز همخوانی دارد [۲۳ و ۲۷].

Table 1 The results of the analysis of variance of the characteristics measured in Koze cheese in different treatments (least square mean)

Source of changes	pH	Acidity (Dornic degree)	Moisture content (%w/w)	Fat (%w/w)	Fat in dry matter (%w/w)	WSN/TN (%w/w)	β -casein stain level (%)	α -casein stain level (%)
Temperature	0/04*	0/001	8/501*	0/98*	323/960*	0/002*	0/022*	0/312*
Time	0/04*	0/821*	21/864*	15/224*	199/215*	3/412*	1071/365*	3351/453*
Packaging type	0/335*	0/350*	43/510*	8/192*	217/260*	1/290*	0/044*	0/216*
Temperature \times time	0/215*	0/037	0/939*	0/273*	304/166*	0/004*	6/399*	253/974*
Temperature \times packaging	0/005*	0/008	1/027*	0/809*	255/210*	0/029*	0/020*	0/272*
Time \times packaging	0/002*	0/030	4/974*	1/245*	269/695*	0/211*	104/557*	223/048*
Temperature \times time \times packaging	0/012*	0/025	1/407*	0/759*	328/657*	0/005*	75/239*	36/316*
Error	0/000	0/016	0/001	0/002	0/001	0/001	0/017	0/001

* Significant at the 5% probability level

نظر می‌رسد دمای رسیدن بالاتر موجب افزایش فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک و در نتیجه تولید اسید بیشتر شده است که این موضوع توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است [۲۳ و ۳۲]. درصد رطوبت همه نمونه‌ها به صورت معنی‌داری در طول رسیدن کاهش یافت. درصد رطوبت مربوط به پنیرهای رسیده در ظروف پلاستیکی (در هر دو دمای خاک و یخچال) نسبت به پنیرهای رسیده در کوزه بالاتر بود. رطوبت کمتر پنیرهای رسیده در کوزه، احتمالاً ناشی از خروج رطوبت از جداره نیمه تراوی کوزه سفالی می‌باشد [۳۳]. صرف‌نظر از نوع بسته‌بندی، پنیرهای رسیده در دمای خاک میزان رطوبت بیشتری نسبت به پنیر رسیده در دمای یخچال داشتند که این امر به دلیل جذب رطوبت محصولات ناشی از پروتئولیز طی فعالیت میکروارگانیسم‌های پروتئولیتیک می‌باشد که فعالیت این میکروارگانیسم‌ها در دمای خاک نسبت به دمای یخچال بیشتر می‌باشد [۳۴ و ۳۵]. درصد چربی و درصد چربی در ماده خشک همه نمونه‌ها به صورت معنی‌داری در طول رسیدن افزایش یافت که می‌تواند ناشی از کاهش معنی‌دار رطوبت در طول این مدت باشد. درصد چربی مربوط به پنیرهای رسیده در کوزه (در هر دو دمای خاک و یخچال) نسبت به پنیرهای رسیده در ظروف پلاستیکی به صورت معنی‌داری بالاتر بود. در تمامی نمونه‌ها، پنیر رسیده در دمای خاک درصد چربی کمتری نسبت به پنیر رسیده در دمای یخچال داشت. تحقیقات نشان داده که در دمای یخچال فعالیت میکروارگانیسم‌های لیپولیتیک و پروتئولیتیک کاهش یافته و در نتیجه ماده چربی کمتری در دمای یخچال نسبت به دماهای بالاتر نگهداری تجزیه خواهد شد [۳۴ و ۳۶]. طی

طی نمونه‌برداری‌هایی که در هر دوره رسیدن انجام شد، پنیرهای رسیده در بسته‌بندی پلاستیکی نسبت به پنیرهای رسیده در کوزه دارای pH کمتری بودند و در بین آن‌ها پنیرهای رسیده در ظروف پلاستیکی که در خاک نگهداری شدند دارای کمترین میزان pH بودند، علت pH بالاتر و در نتیجه اسیدیته کمتر پنیرهای کوزه‌ای می‌تواند به دلیل غشاء نیمه‌تراوی کوزه باشد که سبب خروج یون‌های هیدروژن همراه با آب پنیر از منافذ آن می‌شود [۲۸]. صرف‌نظر از نوع بسته‌بندی، نمونه‌های رسیده در دمای خاک در پایان دوره رسیدن، pH کمتری نسبت به نمونه‌های رسیده در دمای یخچال داشتند که می‌تواند ناشی از بالاتر بودن دمای خاک نسبت به دمای یخچال باشد. تحقیقات نشان دادند که هر چه دمای نگهداری پنیر بیشتر باشد سبب افزایش تخمیر لاکتوز می‌شود [۲۹] و نمونه‌های پنیری که در دمای اتاق بودند نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در یخچال اسیدیته بیشتری داشتند. همچنین تحقیقات نشان داده که دمای یخچال سبب کاهش فعالیت باکتری‌های لاکتیک شده و در نتیجه کاهش توسعه اسیدلاکتیک در پنیر می‌گردد [۳۰ و ۳۱]. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، اسیدیته پنیرهای رسیده در ظروف پلاستیکی به صورت معنی‌داری بالاتر از پنیرهای رسیده در کوزه می‌باشد که دلیل آن همان‌طوریکه قبلاً نیز اشاره شد مربوط به وجود منافذ در جداره کوزه‌های سفالی و خروج یون‌های هیدروژن همراه با آب پنیر می‌باشد که سبب می‌شود اسیدیته پنیرهای رسیده در کوزه پایین‌تر باشد. صرف‌نظر از نوع بسته‌بندی، اسیدیته پنیر رسیده در دمای خاک به صورت معنی‌داری بالاتر از پنیرهای رسیده در دمای یخچال است، به

که پروتئولیز نقش کلیدی را در افزایش این نسبت دارد [۳۹]، ۴۰، ۴۱ و ۴۲]. پنیرهای رسیده در پلاستیک (WSN/TN) بالاتری در مقایسه با پنیرهای رسیده در کوزه داشتند که می‌تواند ناشی از غشاء نفوذ پذیر ظروف کوزه‌ای و در نتیجه جذب این ترکیبات همراه رطوبت در بافت کوزه و محیط اطراف آن باشد، از سوی دیگر، رطوبت بالاتر پنیرهای رسیده در پلاستیک سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های لیپولیتیک و پروتئولیتیک و در نتیجه افزایش بیشتر ترکیبات نیتروژنی محلول در آب می‌گردد [۴۳ و ۴۴]. در تمامی نمونه‌ها، پنیرهای رسیده در دمای خاک میزان (WSN/TN) بیشتری نسبت به پنیرهای رسیده در دمای یخچال داشت که ناشی از افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های پروتئولیتیک با دما می‌باشد، نتایج حاصله با نتایج سایر محققان نیز همخوانی دارد [۲۸].

دوره رسیدن، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک (TN/DM) کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. کاهش نسبت نیتروژن کل به ماده خشک در طول رسیدن ناشی از پروتئولیز میکروب‌های سرمدوست، تولید ترکیبات نیتروژنی محلول در آب و انتشار این ترکیبات به محیط آبی است [۳۱، ۳۶ و ۳۷]. (TN/DM) مربوط به پنیرهای رسیده در پلاستیک نسبت به پنیرهای رسیده در کوزه بالاتر است که می‌تواند به دلیل غشاء نفوذ پذیر ظروف کوزه‌ای و در نتیجه خروج راحت‌تر این ترکیبات نیتروژنی محلول در آب از آن باشد [۳۳]. نسبت نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل (WSN/TN) همه نمونه‌های پنیر در طول دوره رسیدن افزایش معنی‌داری پیدا کرد که می‌تواند مربوط به فعالیت رنت و یا پروتئازهای میکروبی و تولید ترکیبات نیتروژنی محلول در آب باشد [۳۸]. روند افزایشی نسبت نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل طی دوره رسیدن توسط محققان زیادی گزارش شده است

Table 2 Least Square Mean (LSM) comparison of the triple interaction effect of storage conditions, packaging type and time on the physicochemical properties of Kope cheese¹

Type of packaging	Storage conditions	Time	pH	Acidity (Dornic degree)	Moisture content (%w/w)	Fat (%w/w)	Fat in dry matter (%w/w)	TN/DM (%w/w)	WSN/TN (%w/w)
Polyethylene	Fridge	1	5.57 ^b	0.91 ^e	53.01 ^d	19.25 ^m	40.86 ^l	5.78 ^a	4.04 ^{ij}
		30	5.39 ^e	1.07 ^{de}	53.42 ^b	20.11 ⁱ	41.02 ^{jk}	5.72 ^c	4.36 ^f
		60	5.30 ^f	1.37 ^{abc}	52.02 ^g	20.73 ^g	42.14 ^g	5.50 ^e	4.80 ^e
		90	5.15 ^h	1.50 ^{ab}	51.76 ^h	21.19 ^e	43.25 ^d	5.47 ^g	5.41 ^b
	Underground	1	5.56 ^b	0.91 ^e	52.98 ^{de}	19.11 ⁿ	41.08 ⁱ	5.78 ^a	4.02 ^j
		30	5.39 ^e	1.09 ^{de}	55.01 ^a	19.54 ^l	42.11 ^g	5.71 ^c	4.37 ^f
		60	5.30 ^f	1.40 ^{abc}	53.11 ^c	20.16 ⁱ	43.17 ^e	5.57 ^d	4.92 ^d
		90	5.10 ⁱ	1.59 ^a	51.31 ⁱ	21.07 ^f	43.25 ^d	5.49 ^f	5.53 ^a
clay pot	Fridge	1	5.60 ^a	0.89 ^{ef}	52.94 ^e	19.51 ^l	41.05 ^{ij}	5.74 ^b	4.04 ^{ij}
		30	5.53 ^c	0.98 ^e	51.24 ^j	19.62 ^k	42.77 ^f	5.01 ⁱ	4.13 ^h
		60	5.46 ^d	1.10 ^{de}	49.36 ^m	21.30 ^d	43.48 ^c	5.01 ⁱ	4.26 ^g
		90	5.30 ^f	1.30 ^{bcd}	47.88 ⁿ	23.12 ^a	45.01 ^a	4.90 ^k	5.05 ^c
	Underground	1	5.61 ^a	0.88 ^{ef}	53.10 ^c	19.72 ^j	40.97 ^k	5.75 ^b	4.02 ^j
		30	5.55 ^b	0.68 ^f	52.11 ^f	20.31 ^h	41.16 ^h	5.05 ^h	4.08 ^{hi}
		60	5.47 ^d	1.23 ^{cd}	50.82 ^k	22.04 ^c	43.82 ^b	5.00 ⁱ	4.22 ^g
		90	5.25 ^g	1.40 ^{abc}	49.93 ^l	22.16 ^b	45.08 ^a	4.98 ^j	5.01 ^c

1. Means within the same rows with different common letters differ significantly ($P < 0.05$)

بسته بندی کوزه ای و در زیر خاک (CJS) و بسته بندی کوزه ای و در یخچال (CJR) در طول رسیدن در فرکانس زاویه ای ۱۰۰-۰/۰۱ هرتز و دمای ۲۵ °C در شکل های (۲) و (۳) نشان داده شده است. مطابق شکل ها، با افزایش زمان رسیدن در همه نمونه های پنیر مدول ذخیره (G') و مدول افت

۲-۳- ارزیابی بافت (رئولوژی) پنیر کوزه در شرایط مختلف رسیدن

نمودار تغییرات مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') نمونه های پنیر کوزه نگهداری شده در بسته بندی پلی اتیلنی و در زیر خاک (PS)، بسته بندی پلی اتیلنی و در یخچال (PR)،

(protein) که با یکدیگر درگیر شده و سبب افزایش خواص ویسکوالاستیک پنیر می شوند. مربوط است. به طور کلی، سفتی پنیر طی دوره نگهداری به دو عامل اصلی بستگی دارد: کاهش رطوبت طی نگهداری که سفتی افزایش می یابد و پروتئولیز که به دلیل شکست کازئین، سفتی را کاهش می دهد. میزان اسیدیته و pH محیط لخته روی میزان خروج آب در مرحله تولید، فعالیت فلور میکروبی و آنزیم های مختلف در طول تولید و دوره رسیدن، قوام و طعم پنیر تأثیرگذار است [۵۳]. تشدید لیپولیز به علت بالا رفتن میزان رطوبت و تولید اسیدهای چرب و همچنین تبدیل کامل لاکتوز به اسید لاکتیک نیز در کاهش pH و افزایش اسیدیته موثرند [۵۴]. از طرفی فسفات کلسیم میسلی تنها نقش پل ارتباطی بین خوشه های ریز کازئینی را ندارد بلکه به دلیل داشتن بارهای مثبت به عنوان یک خنثی کننده عمل می کند. این بارهای مثبت، باعث خنثی شدن بارهای منفی فسفوسرین در نقطه برهم کنش بین نواحی هیدروفوبیک کازئینی شده و از این رو اتصال آنها را به همدیگر ممکن می سازد [۳۷ و ۵۵]. در طی رسیدن پنیر با کاهش pH، فسفات کلسیم بصورت محلول در می آید و با کاهش میزان کلسیم متصل به میسل های کازئینی نیروهای دافعه بین کازئین ها بالا می رود [۵۶] و منجر به ضعیف شدن پیوندهای ساختاری و در نتیجه نرم شدن پنیر در این نمونه ها می شود. شکل (۴) قسمت (A) و (B) به ترتیب تغییرات مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') در روز ۹۰ رسیدن مربوط به نمونه های پنیر کوزه در بسته بندی و شرایط نگهداری متفاوت را نشان می دهد. همانطور که در این شکل ها مشاهده می شود در تمامی انواع بسته بندی، مدول ذخیره و مدول افت با افزایش فرکانس افزایش یافت. میزان افزایش مدول ذخیره و مدول افت نمونه های مورد مطالعه در روز ۹۰ رسیدن به صورت $PS < PR < CJR < CJS$ می باشد. با استناد به نتایج آماری جدول (۲) مشاهده می شود که نمونه های CJR و CJS دارای رطوبت کمتر و در نتیجه بافت سفت تری می باشند. کاهش میزان پروتئین در بسته بندی پلی اتیلنی در مقایسه با بسته بندی کوزه ای طی رسیدن (جدول ۲) می تواند دلیلی برای کاهش سفتی پنیر در این نمونه ها باشد. همانطور که در تصاویر (۷C) و (۸C) و همچنین شکل (۹) نیز مشاهده می شود شبکه پروتئینی ایجاد شده در تیمارهای (PS) و (PR) دارای منافذ بیشتر و نیز

(G'') افزایش پیدا می کند و مدول ذخیره برای هر چهار تیمار در هر بسامدی بیشتر از مدول افت می باشد که نشانگر نقش غالب ویژگی کشسانی بر گرانروی است که این نتیجه مشابه نتایج محققان زیادی است [۴۵، ۴۶، ۴۷ و ۴۸]. تحقیقات نشان دادند که با افزایش زمان رسیدن، به خاطر تجزیه گلبول های چربی و پروتئولیز، ماتریس پروتئینی دچار آرایش مجدد ساختاری گردیده و بافتی بسیار فشرده حاوی توده های کازئینی تشکیل می گردد. در نتیجه مدول الاستیک پنیر کوزه بر مدول ویسکوز آن غالب می گردد [۳۹]. با افزایش زمان تخمیر و کاهش pH پنیر، مدول ذخیره و مدول افت با سرعت های متفاوتی افزایش می یابند، که این نتیجه مطابق با نتایج مطالعه کرمی و همکاران می باشد [۳۹] که بیان کردند در پنیر فتا با افزایش زمان رسیدگی پنیر مدول افت و مدول ذخیره هر دو افزایش می یابند و همواره مدول ذخیره بیشتر از مدول افت است، بنابراین خاصیت الاستیک بیشتر از خاصیت ویسکوز می باشد. مطالعات انجام شده نشان داد که pH نقش مهمی در ویژگی ویسکوالاستیک پنیر دارد و نرمی پنیر به pH آن بستگی دارد [۴۰]. با استناد به نتایج آماری جدول (۲) مشاهده می شود که همزمان با سیر نزولی pH طی دوره رسیدن مدول افت با شدت بیشتری نسبت به مدول ذخیره افزایش یافت، نتایج مشابهی در رابطه با ارتباط میان کاهش pH و افزایش سختی پنیر پروسس گزارش شده است [۵۰ و ۵۱]. در این گزارش نشان داده شده که پایین آمدن pH، سبب افزایش نسبت لاکتوز به پروتئین در بافت پنیر و افزایش سختی آن می گردد. در pH های پایین تجمعات درشت پروتئینی همراه با چربی که به صورت کامل امولسیون نشده است، وجود دارند. با افزایش pH، از فشردگی پروتئین ها کاسته می شود که نشان دهنده کاهش برهم کنش های پروتئین-پروتئین است. در pH های بالاتر از pH ایزوالکتریک، به علت کاهش نیروهای الکترواستاتیک، هیدراتاسیون کازئین ها افزایش یافته و سختی پنیر کاهش می یابد [۱۰]. به طور کلی گلبول های چربی و رطوبت به عنوان فاز پرکننده در ماتریکس کازئین عمل می کند و موجب نرمی پنیر می شوند [۵۲]. طی دوره رسیدن درصد چربی و درصد چربی در ماده خشک افزایش یافتند (جدول ۲) با این وجود شاهد افزایش مدول ذخیره (G') طی این دوره بودیم که احتمالاً به پروتئین های باز شده (unfold

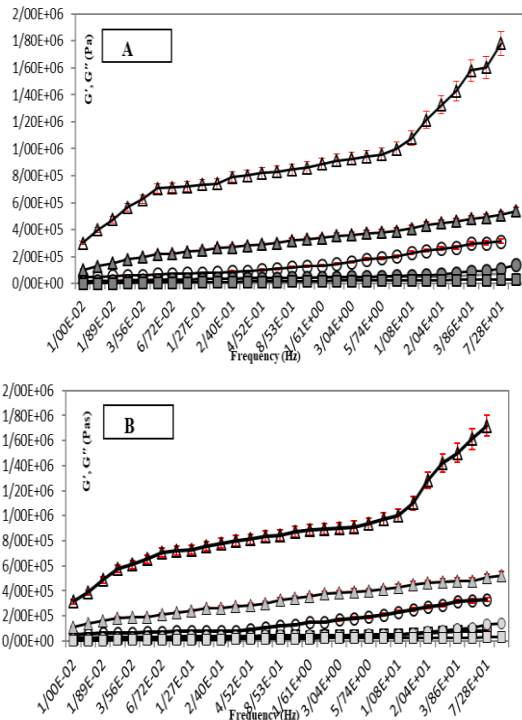


Fig 3 Changes in storage modulus (G') on day 1 (\square), day 45 (\circ) and day 90 (Δ) and Loss modulus (G'') on day 1 (\blacksquare), day 45 (\bullet) and day 90 (\blacktriangle) in Kope cheese stored in clay pot packaging and in the refrigerator (CJR) (A) in clay pot packaging and underground (CJS) (B)

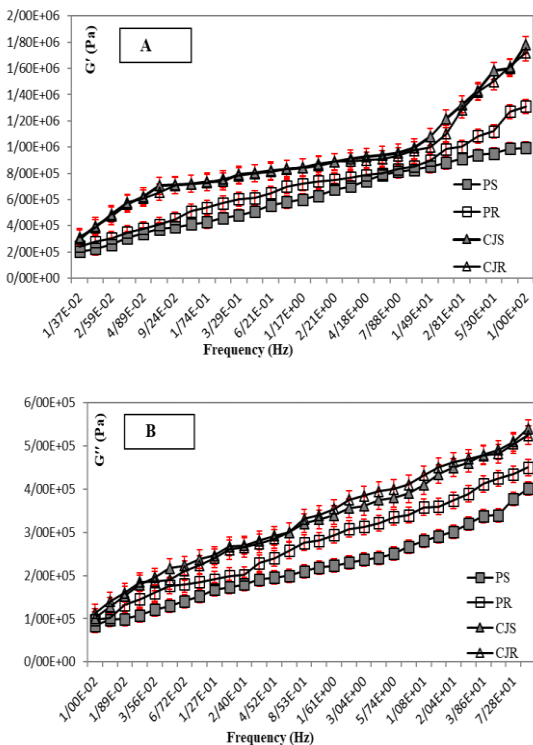


Fig 4 Changes in storage modulus (G') and Loss modulus (G'') on day 90 in Kope cheese stored in Polyethylene packaging and in the refrigerator (PR) (\square), in polyethylene packaging and underground (PS) (\blacksquare), in clay pot packaging and in the refrigerator (CJR) (Δ) and in clay pot packaging and underground (CJS) (\blacktriangle) ($P < 0.05$)

کوچکتری در مقایسه با دو تیمار دیگر است، که این ساختار اسفنجی رطوبت را در داخل بافت حفظ کرده و نسبت رطوبت به پروتئین را در محصول افزایش می دهد و سبب نرمی بیشتر بافت در نمونه های بسته بندی پلی اتیلنی می گردد. مقادیر کمتر رطوبت پنیر منجر به هیدراته شدن کمتر پروتئین و در نتیجه حرکت آزادانه کمتر مولکول های پروتئین شده و مقادیر بیشتر کازئین دست نخورده باقی مانده و سفتی شبکه کازئین بیشتر می گردد [۴۹، ۵۷، ۵۸]. نتایج آماری جدول (۲) نیز نشان داد که نمونه های بسته بندی پلی اتیلنی دارای رطوبت بالاتری بودند، از آنجایی که نسبت رنت باقی مانده به کازئین در پنیرهای با رطوبت بالا نسبت به پنیرهای با رطوبت پائین بیشتر است [۵۹].

در نتیجه میزان نرم شدگی نیز در آنها بیشتر می باشد. این مسئله با توجه به اینکه در رطوبت های بالاتر فعالیت آنزیمی و میکروبی شدیدتر است کاملاً طبیعی است که پروتولیز بیشتر باشد و از سفتی پنیر بکاهد

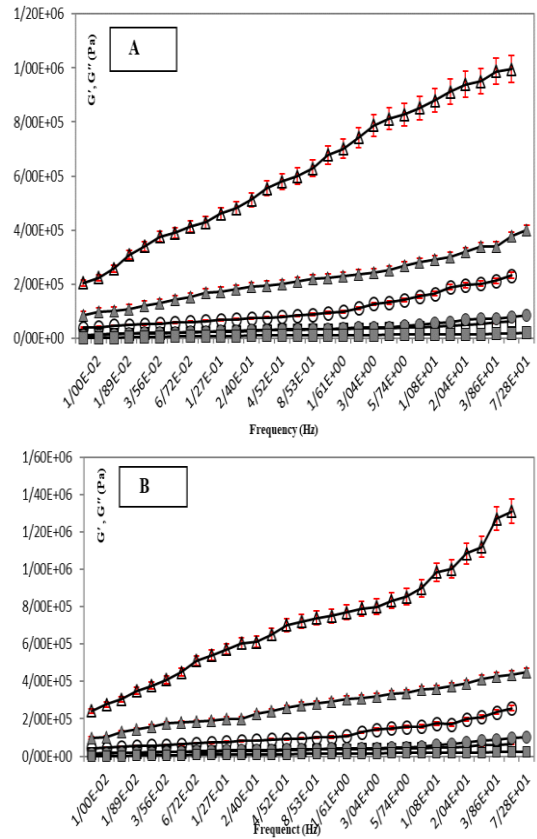


Fig 2 Changes in storage modulus (G') on day 1 (\square), day 45 (\circ) and day 90 (Δ) and Loss modulus (G'') on day 1 (\blacksquare), day 45 (\bullet) and day 90 (\blacktriangle) in Kope cheese stored in polyethylene packaging and in the refrigerator (PR) (A) in polyethylene packaging and underground (PS) (B)

شامل توده های پروتئینی (P) و حفره های موجود در بین آنها (V) می باشد. حفره ها، محل استقرار چربی شیر می باشند که باعث کاهش فشردگی ماتریکس پروتئینی می شوند. این چربی ها طی فرایند آماده سازی توسط کلروفرم از پنیر جدا شدند [۶۵]. تحقیقات نشان داده، با کاهش یا افزایش میزان چربی در پنیر، ساختار پروتئینی به ترتیب متراکم تر و بازتر می شود، که به دلیل تجمع بیش تر چربی ها در محصولات با چربی بیش تر نسبت به محصولات کم چرب و در نتیجه ایجاد حفرات بزرگ تر می باشد [۲۷]. در طی رسیدن از روز ۱ تا روز ۹۰ به دلیل افزایش پروتئولیز و در نتیجه سست شدن شبکه پروتئینی و ادغام بهتر چربی ها ساختار تیمارها بازتر بود [۶۶]. شدت پروتئولیز طی دوره رسیدن در پنیر کوزه افزایش می یابد و اجتماعات فشرده کازئینی در پنیرهای بسته بندی شده در کوزه و در زیر خاک (CJS) و بسته بندی شده در کوزه و در یخچال (CJR) مشاهده شد و مشخصاً ماتریکس پروتئینی فشرده بود و این موضوع سفت تر بودن بافت این تیمارها را در مقایسه با دو تیمار دیگر توضیح می دهد. همانطور که در تصاویر (۷C) و (۸C) مشاهده می شود شبکه پروتئینی ایجاد شده در تیمارهای (PS) و (PR) دارای منافذ بیشتر و نیز کوچکتری در مقایسه با دو تیمار دیگر است، که این ساختار اسفنجی رطوبت را در داخل بافت حفظ کرده و نسبت رطوبت به پروتئین را در محصول افزایش می دهد و سبب بهبود نرمی بافت می گردد. نتایج حاصله با نتایج شکل های (۴A) و (۴B) همخوانی دارد که نشان داد میزان افزایش مدول ذخیره و مدول افت نمونه های مورد مطالعه در روز ۹۰ رسیدن به صورت $PS < PR < CJR < CJS$ می باشد. با استناد به نتایج آماری جدول (۲) نیز مشاهده می شود که نمونه های CJR و CJS دارای رطوبت کمتر و در نتیجه بافت سفت تری می باشند. کاهش میزان پروتئین در بسته بندی پلی اتیلنی در مقایسه با بسته بندی کوزه ای طی رسیدن می تواند دلیلی برای کاهش سفتی پنیر در این نمونه ها باشد.

شدت پروتئولیز در بسته بندی پلی اتیلنی و زیر خاک کمتر از سایر نمونه ها بود که می تواند ناشی از رطوبت بالاتر پنیرهای رسیده در ظروف پلی اتیلنی باشد (جدول ۲)، از سوی دیگر، حساسیت بیشتر پنیرهای رسیده در بسته بندی پلی اتیلنی به پروتئولیز می تواند ناشی از اسیدیته بالاتر این نمونه ها باشد (جدول ۲) که سبب ناپایداری بیشتر میسل های کازئین در برابر تجزیه پروتئولیتیک می گردد [۶۰ و ۶۱].

۳-۳- ارزیابی ویژگی های ریزساختار پنیر

کوزه در بسته بندی و شرایط رسیدن متفاوت

تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه های پنیر کوزه نگهداری شده در بسته بندی پلی اتیلنی و در زیر خاک (PS)، بسته بندی پلی اتیلنی و در یخچال (PR)، بسته بندی کوزه ای و در زیر خاک (CJS) و بسته بندی کوزه ای و در یخچال (CJR) در طول رسیدن با بزرگنمایی ۲۰۰۰ در شکل های (۵) تا (۹) نشان داده شده است. مطابق این تصاویر وجود تجمعها درشت پروتئینی با حفرات کم در روز اول نگهداری پنیر در همه نمونه ها مشترک بود (شکل های (۵a) تا (۹a)). بعد از گذشت ۴۵ روز، تعداد حفرات بیشتری در پنیر تشکیل شد و کازئین ها به صورت شبکه ای در اطراف حفرات پنیر در آمدند (شکل های (۵b) تا (۹b)). در طی دوره رسیدن تا پایان روز ۹۰ روند افزایشی تعداد حفرات و نیز اندازه حفرات را در همه نمونه ها شاهد هستیم. نتایج حاصله با نتایج سایر محققان نیز همخوانی دارد [۲۰]. حفرات درشتی که در تمامی تصاویر مشخص هستند را می توان به تولید گاز توسط میکروارگانیسم ها [۶۲] و همچنین خروج گلبول های چربی که توسط کلروفرم در مراحل آماده سازی استخراج شده اند، نسبت داد [۶۳]. تجمع گلبول های چربی به عنوان عامل شکننده ماتریکس کازئینی عمل می کنند و در حضور آن ها، از فشردگی ماتریکس کازئینی کاسته می شود [۶۴]. همان طور که در شکل های (۵a) تا (۸a) مشاهده می شود میکروگراف های گرفته شده از پنیر توسط میکروسکوپ الکترونی شامل دو ساختار متمایز بود که

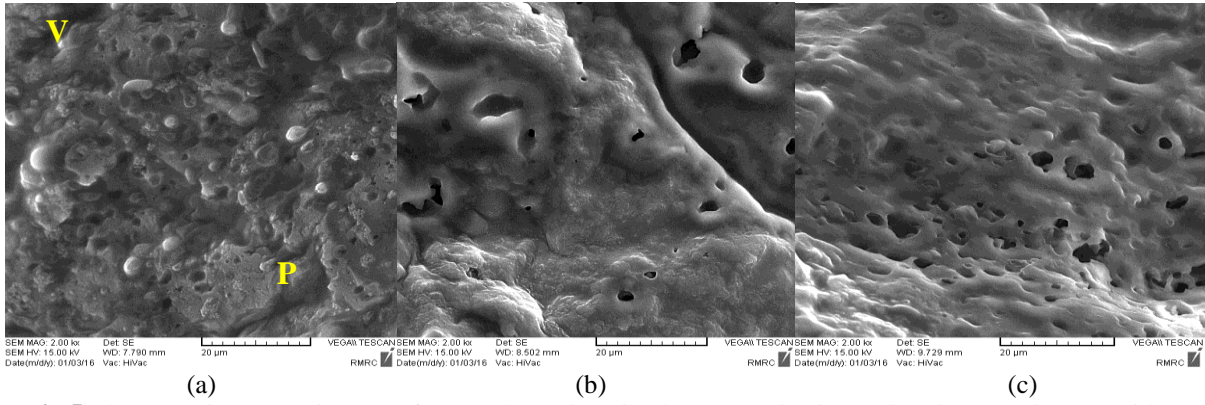


Fig 5 Electron microscope images of Kope cheese kept in clay pot packaging and underground (CJS) with a magnification of 2000 on day 1 (a), day 45 (b) and day 90 (c) of the ripening period. (P: Protein aggregate, V: void)

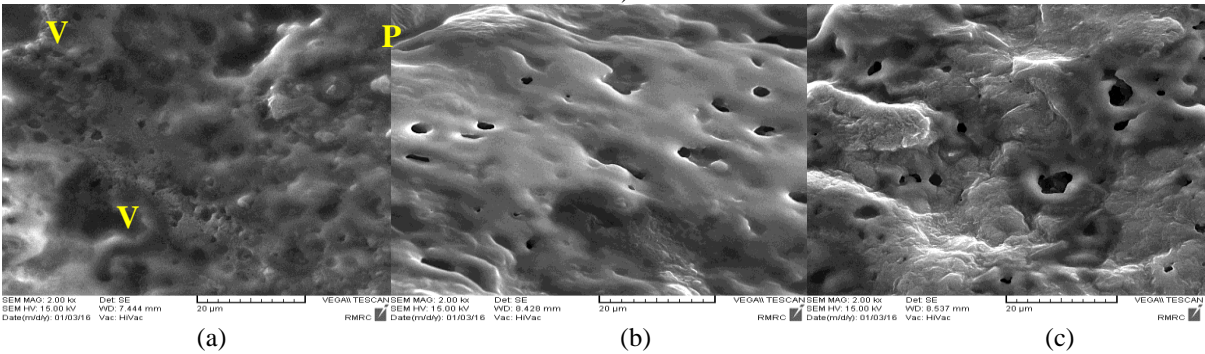


Fig 6 Electron microscope images of Kope cheese kept in clay pot packaging and in the fridge (CJR) with a magnification of 2000 on day 1 (a), day 45 (b) and day 90 (c) of the ripening period.

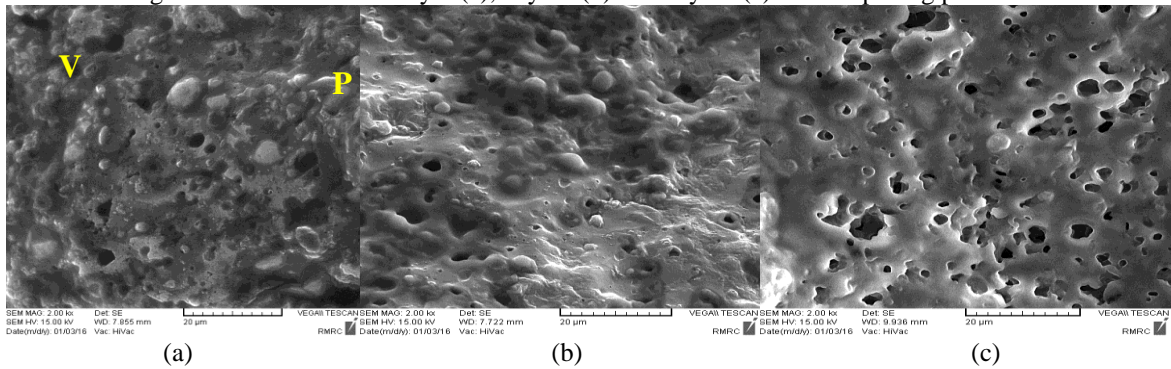


Fig 7 Electron microscope images of Kope cheese kept in polyethylene packaging and underground (PS) with a magnification of 2000 on day 1 (a), day 45 (b) and day 90 (c) of the ripening period.

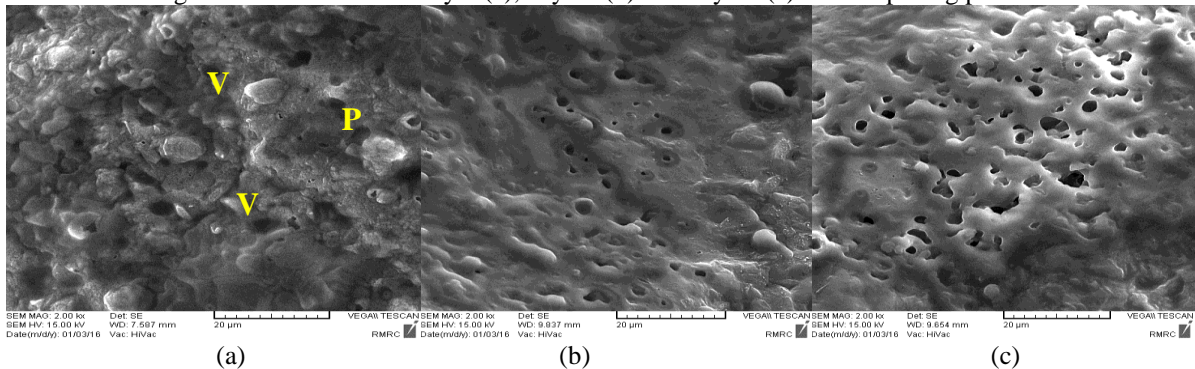


Fig 8 Electron microscope images of Kope cheese kept in polyethylene packaging and in the fridge (PR) with a magnification of 2000 on day 1 (a), day 45 (b) and day 90 (c) of the ripening period.

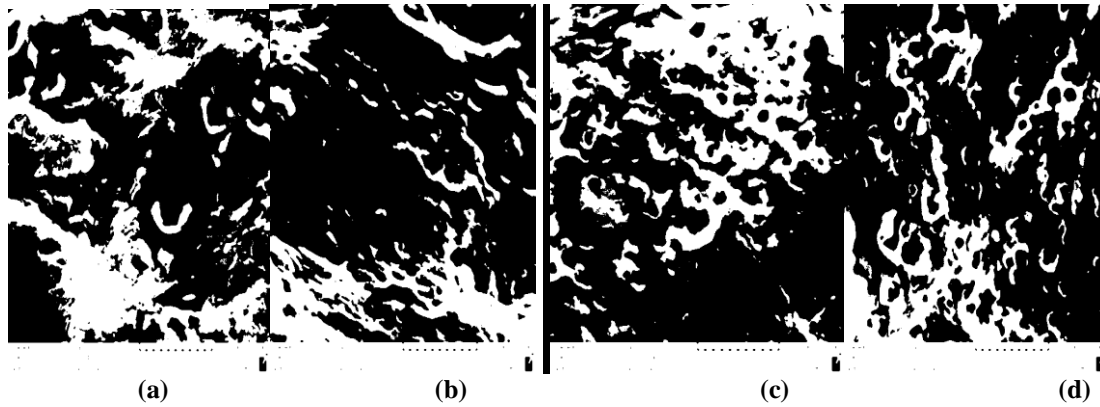


Fig 9 Binariesd SEM micrographs of Kope cheese stored in polyethylene packaging and underground (a), in polyethylene packaging and in the fridge (b), in clay pot packaging and underground (c) and in clay pot packaging and in the fridge (d) on the 90th day of the ripening period.

داد که تیمارهای بسته بندی شده در کوزه در هر دو دمای خاک و یخچال دارای رطوبت کمتر و در نتیجه بافت سفت تری می باشند درحالیکه تیمارهای بسته بندی شده در پلاستیک در هر دو دمای خاک و یخچال دارای منافذ بیشتر و کوچکتر و در نتیجه دارای ساختار اسفنجی و بافت نرم تری در مقایسه با دو تیمار دیگر است.

۵- قدردانی

از مدیریت محترم پژوهشگاه مهندسی ژنتیک و زیست فناوری ایران و پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران و مرکز پژوهش متالوژی رازی قدردانی می شود.

۶- منابع

- [1] Ghaderi M, Azizi A, Ezzat-Panah H, Hejazi M. & Hemasi, A. (2013). Isolation and identification of lactic acid bacteria in traditional pot cheese. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 14(3), 83. (In Farsi).
- [2] Edalatian M.R., Habibi-Najafi M., Mortazavi S., Alegria A., Delgado, S. & Mayo, M. (2012). Production of bacteriocins by *Enterococcus* spp. Isolated from traditional Iranian raw milk cheeses, and detection of their encoding genes. *European Food Research and Technology*, 2, 117-125. (In Farsi).
- [3] Dehnavi F., Khosroshahi-Asl, A. & Zomorodi Sh. (2013). Viability of *Lactobacillus acidophilus* and its effect on characteristics of Jug cheese. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 14(3), 113. (In Farsi).
- [4] Tarakci, Z. 2007. The effects of packaging materials and filling methods on some

۴- نتیجه گیری

با افزایش دوره رسیدن اسیدپت، چربی، چربی در ماده خشک و نیتروژن محلول در آب نسبت به نیتروژن کل افزایش یافت درحالیکه pH، رطوبت و نیتروژن کل نسبت به ماده خشک کاهش یافت. کاهش معنی داری نیتروژن کل به ماده خشک (TN/DM) طی دوره رسیدن ناشی از پروتئولیز، تولید ترکیبات نیتروژنی محلول در آب و انتشار این ترکیبات به محیط پیرامون می باشد. افزایش معنی دار نسبت نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل (WSN/TN) در طول دوره رسیدن می تواند مربوط به فعالیت رنت و یا پروتئازهای میکروبی و تولید ترکیبات نیتروژنی محلول در آب باشد. نتایج نشان داد که میزان اسیدپت، رطوبت، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل در پنیرهای رسیده در بسته بندی پلاستیکی به صورت معنی داری بالاتر بود. صرف نظر از نوع بسته بندی، نمونه های رسانده شده در دمای خاک از اسیدپت، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل بالاتری برخوردار بودند. میزان pH، چربی و چربی در ماده خشک نمونه های پنیر رسیده در کوزه نسبت به نمونه های رسیده در ظروف پلاستیکی بیشتر بود، درحالیکه نمونه های رسیده در ظروف پلاستیکی میزان اسیدپت، رطوبت، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب نسبت به نیتروژن کل بالاتری داشتند. در مقایسه بین نمونه ها با بسته بندی مشابه، نمونه های پنیر رسیده در دمای خاک بیشترین میزان اسیدپت، نسبت نیتروژن کل به ماده خشک و نیتروژن محلول در آب نسبت به نیتروژن کل را داشتند. بررسی ویژگی های رئولوژیکی و ریزساختار پنیر کوزه نشان

- American Public Health Association. Washington, DC. pp: 450.
- [16] ISO. 2012. International standard of organization, Cheese and processed cheese Products-Determination of fat Content-Gravimetric Method .ISO No 1735.
- [17] IDF. 1993. Standard 20B, International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- [18] Kuchroo, C. N. & Fox, P. F. 1984. Soluble nitrogen in Cheddar cheese: comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37, 331-335.
- [19] Madadlou, A., Mosavi, M. E., khosrowshahi, A., Emanjome, Z. (2006). Microstructure and rheological properties of Iranian white cheese coagulated at various temperatures. *Journal of Dairy Science*, 89: 2359-2364.
- [20] Madadlou, A., Khosrowshahi, A., Mousavi, M. E. (2005). Rheology, microstructure and functionality of low fat Iranian White cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*, 88: 3052-62.
- [21] Tekinsen, O. C., Nizamlioglu, M., Keles, A., Atasever, M., & Guner, A. 1998. Facilities of using semi-synthetic covers on the manufacturing Tulum cheese and the effect of vacuum package on the quality. *Journal of Veterinary Science*, 142, 63-70.
- [22] Akin, N., & Ayar, A. 2000. Some properties of Tulum cheeses are sold in the Konya city market. *Suleyman Demirel Univ. Journal of Agricultural Faculty*, 14(22), 111-117.
- [23] Kuipers, O. P, Buist, G., & Kok, J. 2000. Current strategies for improving food bacteria. *Research in Microbiology*. 151, 815-822.
- [24] Shah, N. P. 2007. Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*. 17, 1262-1277.
- [25] Hough, G., Puglieso, M. L., Sanchez, R., & Da Silva, O. M. 1999. Sensory and microbiological shelf-life of commercial ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*, 82, 454-459.
- [26] Waagner-Nielsen, E. 1993. North European varieties of cheese. In: Fox PF, editor. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, vol 2. Chapman and Hall, London, pp.253.
- [27] Rahimi J., Khosrowshahi A., Madadlou A. and Aziznia S. (2007) Texture of low-fat Iranian White cheese as influenced by Gum characteristics of Herby cheese (Otlu peynir). *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6)* Copenhagen, 16-20.
- [5] Dervisoglu, M., & Yazici, F. 2000. Ripening changes of Kulek cheese in wooden and plastic containers. *Journal of Food Engineering*, 48: 243-249.
- [6] Bayar, N., & Ozrenk, E. 2011. The effect of quality properties on Tulum cheese using different packing materials. *African Journal of Biotechnology*, 10(8), 1393-1399.
- [7] Sarbazi M., Hesari J., Azadmard damirchi S. & Rafat S.A. (2014). The effect of packaging type and storage temperatures on some physicochemical and sensory properties of Koppe cheese, *Journal of Food Science and Technology*, 43(11), 91-101. (In Farsi).
- [8] Konar, A., & Gluer, M. B. 1998. Hatay Carra (Testi) peyniri yapimi, kimyasal bileşimleri ve proteoliz düzeyleri, in: 5. Sutveurunleri sempozyumu. Trakya University, Tekirdag, Turkey, pp.145-153.
- [9] Nolan E.J., Holsinger V.H. and Shieh J.J. (1989) Dynamic rheological properties of natural and imitation Mozzarella cheese. *Journal of Texture Studies* 20:179-189.
- [10] Guinee T.P., Feeney E.P., Auty M.A.E., Fox P.F. (2002) Effect of calcium concentrations on some textural and functional properties of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 85: 1655-1669.
- [11] Raphaelides S.N., Antoniou K.D., Vasiiliadou S., Georgaki C. and Gravanis A. (2006) Ripening effect on the rheological behavior of Halloumi cheese. *Journal of Food Engineering* 76:321-326.
- [12] Milci S., Goncu A., AlpKent Z. and Yaygin H. (2005) Chemical, microbiological and sensory characterization of Halloumi cheese produced from ovine, caprine, and bovine milk. *International Dairy Journal* 15:625-630.
- [13] Taraksi Z. and Kucukoner E. (2006) Changes on physicochemical, lipolysis and proteolysis of vacuum-packed Turkish Kashar cheese during ripening. *Journal of Central European Agriculture* 3:459-464.
- [14] AOAC. 1980. Official methods of analysis (13th ed.), Assoc. of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- [15] Marshall, T. R. 2005. Standard methods for the examination of dairy products.

- cheese made with different concentrations of starter. *Journal of Dairy Science*, 89, 3318–25.
- [38] Tareq, M., Alnemr-Amal, M., Abd El-Raze, K., Hoda, M. A. H., & Mona, I. M. 2013. Improving Karish Cheese by Using Enhanced Technological Texturizing Inulin. *Journal of Agriculture Research*, 58 (2), 173–181.
- [39] Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, S.M., Rezaei, K., & Safari, M. 2009. Changes in the rheological properties of Iranian UF-feta cheese during ripening. *Food Chemistry*, 112, 539–544.
- [40] Topcu, A., & Saldamli, I. 2006. Proteolytical, chemical, textural, and sensorial changes during the ripening of Turkish white cheese made of pasteurized cow's milk. *International Journal of Food Properties*, 4, 665–678.
- [41] Lavasani, A. R. S. Ehsani, M. R. Mirdamadi, S., & Zadeh Mousavi, M. A. E. 2012. Changes in Physicochemical and Organoleptic Properties of Traditional Iranian Cheese Lighvan during Ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 65, 64–70.
- [42] Noura, W., Parker, Y. W., Gulerz, Z., & Terrill, T. 2011. Comparison of free fatty acid composition between low-fat and full-fat goat milk cheeses stored for 3 months under refrigeration. *Open Journal of Animal Sciences*, 1 (2), 17-23.
- [43] Oner, Z., Aynur, G.K., & Hatice, A. 2006. Changes in the microbiological and chemical characteristics of an artisanal Turkish white cheese during ripening. *LWT-Food Science and Technology*. 39(5), 449-454.
- [44] Simal, s., Sanchez, E.S., Bon, J., Femenia A., & Rossello, C. 2001. Water and salt diffusion during cheese ripening, the effect of the external and internal resistances to mass transfer. *Journal of Food Engineering*. 48(3), 269-275.
- [45] Farahani G., Ezzatpanah H. and Abbasi S. (2014) Characterization of Siahmazgi cheese, an Iranian ewe's milk variety: Assessment of physicochemical, textural and rheological specifications during ripening. *LWT-Food Science and Technology* 58(2): 335-342.
- [46] Juan B., Trujillo A.J., Guamis V., Buffa M. and Ferragut V. (2007) Rheological, textural and sensory characteristics of high tragacanth as a fat replacer. *Journal of Dairy Science* 90:4058-4070.
- [28] Pakbin, B., Razavi, S. H., & Mahmoudi, R. 2015. Physico-Chemical and Microbiological Characteristics of Traditional Koozeh Cheese Ripened in Clay Jug and Plastic Container. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 7(4), 111-118.
- [29] El Owni, A. O., & Hamed, I. A. 2009. Effect of storage temperature on weight loss, chemical composition, microbiological properties and sensory characteristics of white cheese (Gibna Bayda). *Research journal of agriculture and biological sciences*, 5,498-505.
- [30] Hamid, O. I. A. 1998. Effect of Processing Conditions on Yield, Chemical Composition and Sensory Characteristics of White Soft Cheese. M.Sc. Thesis, University of Khartoum, Sudan.
- [31] Fairbairn, D. G., & Law, B. A. 1986. The effect of nitrogen and carbon source on proteinase production by *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Applied Bacteriology*, 62, 105 – 113.
- [32] Guinee T.P., Auty M.A.E. and Fenelon M.A. (2000). The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced function of characteristics of cheddar cheese. *International Dairy Journal* 10:277-288.
- [33] Hassanzadazar, H., Ehsani, A., Mardani, K., & Hesari, J. 2012. Investigation of antibacterial, acid, and bile tolerance properties of lactobacilli isolated from Koozeh cheese. *Veterinary Research Forum*. 3 (3), 181 – 185.
- [34] Salama, F. A., Ismail, A.A., Yousif, A.M., & Salem, S.A. 1982. Comparative studies on white pickled Brinza cheese made from cows' and buffaloes' milk in Egypt. II. Effect of pickling conditions. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 101, 243 – 252.
- [35] Dellano, D.G. 1995. Study of proteolysis in Art Sanal cheese: High-performance Liquid chromatography of peptides. *Journal of Dairy Science*, 18: 1018-1024.
- [36] Abdel-Salam, M. H. 1987. Domiati cheese and feta-type cheeses. In P.F. Fox, (Editor), *Cheese*. El Sevier Applied Science, London, pp: 277 – 309.
- [37] Khosrowshahi, A., Madadlou, A., Mousavi, M.E., & Emam-Djome, Z. 2006. Monitoring the chemical and textural changes during the ripening of Iranian White

- observations on proteolysis in Manchego cheese made with a defined-strain starter culture and adjunct starter (*Lactobacillus plantarum*) or a commercial starter. *International Dairy Journal*, 13, 169–178.
- [58] Olson N.F., Gunesakaran S., and Bogenrief D.D. (1996) Chemical and physical properties of cheese and interactions. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 50:279-294.
- [59] Zalazar C.A., Zalazar C.S., Bernal S., Bertola N., Bevilacqua A. and Zaritzky N. (2002) Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low-fat soft cheeses. *International Dairy Journal* 12:45-50.
- [60] Marchin S., Putaux J.L., Pignon F. and Leonil J. (2007) Effects of the environmental factors on the casein micelle structure studied by cryo transmission electron microscopy and small-angle x-ray scattering/ultras-small-angle x-ray scattering. *The Journal of chemical physics* 126(4):1-10.
- [61] Holt C., Carver J.A., Ecroyd H., and Thorn D.C. (2013) Caseins and the casein micelle: Their biological 365 functions, structures, and behavior in foods, *Journal of Dairy Science* 96:6127-6146.
- [62] Aminifar M., Hamed M., Emam-Djome Z. and Mehdinia A. (2010) Microstructural, compositional and textural properties during ripening of lighvan cheese, a traditional raw sheep. *Journal of Texture Studies* 4(4): 579-93.
- [63] Metzger L.E., Mistry V.V. (1995) A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced-fat Cheddar cheese. 1. Manufacture, composition, and yield. *Journal of Dairy Science* 77:3506-3515.
- [64] Lopez-Calleja I.M., Gonzalez I., Fajardo V., Hernandez P.E, Garcia T., and Martín R. (2007) Application of an indirect ELISA and a PCR technique for detection of cows' milk in sheep's and goats' milk cheeses. *International Dairy Journal* 17(1):87-93.
- [65] Aryana K.J., Haque Z.U. (2001) Effect of low-fat cheddar cheese. *International Food Science Technology* 36:169-177.
- [66] Oluk A.C., Guven M., Hayaloglu A.A. (2013) Proteolysis texture and microstructure of low-fat Tulum cheese affected by exopolysaccharide producing cultures during ripening. *International Journal of Food Science and Technology* 49:435-443.
- pressure treated semi-hard ewes' milk cheese. *International Dairy Journal* 17: 248-254.
- [47] Kahyaoglu T. and Kaya S. (2003) Effects of heat treatment and fat reduction on the rheological and functional properties of Gaziantep cheese. *International Dairy Journal* 13:867-875.
- [48] Cesar R.S., Consuelo L.C., Hugo E.A. and Eduardo J.V.C. (2012) Viscoelastic properties and overall sensory acceptability of reduced-fat Petit-Suisse cheese made by replacing milk fat with complex coacervate. *Journal of Dairy Science & Technology* 92:383-398.
- [49] Tunick M.H. (2000) Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science* 83:1892-1898.
- [50] Awad R.A., Abdel-Hamid L.B., El-Shabrawy S.A. and Singh R.K. (2002) Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *LWT-Food Science and Technology* 35:54-61.
- [51] Solowiej B. (2007) Effect of pH on rheological properties and melt ability of processed cheese analogs with whey products. *Polish journal of food and nutrition sciences* 57:125-128.
- [52] Rudan M.A., Barbano D.M., Yun J.J. and Kindstedt P.S. (1999) Effect of fat content reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella. *Journal of Dairy Science* 82:661-672.
- [53] Mirzai, H. & Ali-Gholi nejad, A. (2011). Study of changes in chemical properties of Lighvan cheese during production and ripening stages. *Journal of Veterinary Clinical Pathology*, 2, 1161-1168. (In Farsi).
- [54] Azarnia S., Ehsani M.R. and Mirhadi S.A. (1997) Evaluation of the physicochemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. *International Dairy Journal* 7:473-478.
- [55] Horne D.S. (1998) Casein interaction: casting light on the black boxes, the structure in dairy products. *International Dairy Journal* 8:171-177.
- [56] Lucey J.A., Johnson M.E. and Horne D.S. (2003) Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese, *Journal of Dairy Science* 86:2725-2743.
- [57] Poveda, J. M., Sousa, M. J., Cabezas, L., & Mcsweeney, P. L. H. 2003. Preliminary



Evaluation of physicochemical, rheological and microstructure properties of Kope cheese produced from bovine milk in different conditions of ripening

Hasanzadeh, A.^{1*}, Raftani Amiri, Z.², Aminifar, M.³

1. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Basir Institute of Higher Education, Abyek, Qazvin, Iran, and Ph.D. graduate student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, Iran.

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

3. Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute, Karaj, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 2023/ 02/ 06

Accepted 2023/ 03/ 13

Keywords:

Kope Cheese,
Texture,
Rheology,
Packaging.

DOI: 10.22034/FSCT.20.134.47

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.134.4.8

*Corresponding Author E-Mail:
Asiehhasanzadeh@gmail.com

In this research, physicochemical properties, texture and microstructure of traditional Kope cheese prepared in two different types of packaging (jar and plastic) and at two different ripening temperatures including soil (8-12 °C) and refrigerator (5-8 °C) During the ripening period (60 days) was examined by factorial experiment in a completely randomized design. The results showed that the amount of acidity, moisture, ratio of total nitrogen to dry matter and water-soluble nitrogen to total nitrogen in ripened cheeses in plastic packaging was significantly higher ($P < 0.05$). Regardless of the type of packaging, samples ripened at soil temperature had higher acidity, total nitrogen to dry matter ratio, and water-soluble nitrogen to total nitrogen. Investigation of the rheological properties and microstructure of Kope cheese showed that the packaged treatments in jars at both soil and refrigerator temperatures have less moisture and therefore a firmer texture. While plastic-packed treatments at both soil and refrigerator temperatures have more and smaller pores and as a result have a spongy structure and softer texture compared to the other two treatments.