



تأثیر تیمار ازن بر افزایش ماندگاری شیر پس چرخ پاستوریزه: ارزیابی ویژگی های شیمیایی و میکروبی

شمشاد اکبری^۱، محمدرضا پژوهی الموتی^{۲*}، مصطفی کرمی^۳

^۱-کارشناسی ارشد، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

^۲-^{*} دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

^۳ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۸

کلمات کلیدی:

ازن،

شیر،

پاستوریزاسیون،

ماندگاری.

DOI: 10.22034/FSCT.20.142. 15
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.142.2.2

* مسئول مکاتبات:

Pajohi@basu.ac.ir

امروزه تمایل برای استفاده از ازن به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی قوی مقرون به صرفه بودن و فناوری سازگار با محیط زیست، جهت افزایش ماندگاری محصولات غذایی افزایش یافته است. این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی و میکروبی شیر بدون چربی پاستوریزه حرارتی تیمار شده با تزریق ازن تحت فشار در غلظت های صفر، ۱/۵، ۵ و ۱۰ ppm انجام شد. ویژگی های شیمیایی، میکروبی و حسی نمونه های شیر تیمار شده به همراه نمونه کنترل (۴ تیمار) در روزهای صفر، ۴، ۷ و ۱۵ نگهداری در یخچال، مورد ارزیابی قرار گرفت. جمعیت میکروبی کل در نمونه های تیمار شده با ازن نسبت به نمونه کنترل، در تمام روزهای نگهداری کاهش محسوسی داشت. بیشترین تاثیر ضد میکروبی ازن در روز ۱۵ نگهداری با غلظت ۱۰ ppm و کمترین تاثیر آن در روز ۴ با غلظت ۱/۵ ppm مشاهده گردید. با این حال، تفاوت معنی داری در میزان pH (۶/۸-۶/۸۸) و اسیدیته (۰/۱۶-۰/۱۸) درجه درنیک) بین نمونه های تیمار شده و کنترل وجود نداشت. اگر چه عدد پراکسید در نمونه های تیمار شده و نمونه های کنترل از حد استاندارد بالاتر بود ولیکن کاهش میزان آن در نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه های کنترل مشهود بود. همچنین با مقایسه ویژگی های حسی در بین نمونه ها، هیچ گونه تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. در مجموع تیمارهای ۵ و ۱۰ ppm ازن بهترین کارایی را در افزایش ماندگاری شیر پاستوریزه داشتند. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، می توان از ازن به عنوان یک روش کمکی برای افزایش اثرگذاری فرایندهای حرارتی در پاستوریزاسیون و افزایش ماندگاری شیر استفاده نمود.

۱- مقدمه

شیر یک ماده غذایی مغذی است که در معرض فساد میکروبی و شیمیایی است. کیفیت اولیه شیر خام در ماندگاری آن مؤثر است، ولیکن جهت افزایش ماندگاری آن از روش‌های متعددی بویژه فرآیندهای حرارتی استفاده می‌شود [۱]. فرآیندهای حرارتی به طور سنتی رایج ترین روش ایمن برای کنترل میکروارگانیسم‌ها هستند. با این حال، ارزش غذایی و ویژگی‌های حسی محصول را می‌توانند تحت تأثیر قرار دهند [۲].

شیر پاستوریزه در شرایط سرد بدلیل بقا و فعالیت باکتری‌های ترمودوریک، ماندگاری کوتاهی دارد لذا صنایع لبنی از حرارت بیشتری برای تولید محصول با ماندگاری طولانی تر (ESL) استفاده می‌کنند. با توجه به اثرات مخرب فرآیندهای حرارتی بر ترکیبات ریزمغذی شیر، مصرف‌کنندگان روش‌های جایگزین یا ترکیبی با فرآیندهای حرارتی را برای افزایش ماندگاری شیر، بدون ایجاد تغییرات نامطلوب در خواص ارگانولپتیک و حفظ سلامت شیر، ترجیح می‌دهند [۳]. بنابراین، تحقیقات در مورد افزودن ترکیبات شیمیایی یا استفاده از روش‌های فیزیکی (غیر شیمیایی) همراه با فرآیندهای حرارتی برای افزایش ماندگاری محصولات لبنی در حال گسترش است [۱].

فرآوری با گاز ازن یکی از روش‌هایی است که برای افزایش ماندگاری مواد غذایی با کمترین اثر نامطلوب پیشنهاد می‌شود. بکارگیری ازن بعنوان یک اکسیدکننده قوی در صنعت مواد غذایی دارای مزایای زیادی از جمله افزایش سطح بهداشت در مراکز تولید، عدم وجود باقی مانده در محصول، کنترل ارگانیسم‌های مؤثر در مدت ماندگاری مواد غذایی و حفظ رایحه محصول می باشد [۴]. اثرات ضد میکروبی ازن بر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها در مطالعات مختلفی تایید شده است [۲]. بنابراین، استفاده از ازن در فازهای مایع و یا گازی

می تواند کیفیت میکروبی غذا را بدون ایجاد تغییر نامطلوب در خواص شیمیایی، فیزیکی و تغذیه ای بهبود بخشد [۵]. افزودن ازن قبل از اعمال حرارتی می‌تواند باعث کاهش آنزیم‌های تولید شده توسط ارگانیسم‌ها شده و باعث افزایش پایداری پروتئین‌های شیر در مدت زمان نگهداری آن شود [۶].

استفاده از ازن در صنعت با محدودیت در مدت زمان بکارگیری و غلظت آن در کنار خاصیت خوردندگی روی تجهیزات فلزی مواجه است، در برخی مطالعات تیمار غذا با ازن باعث بروز تغییراتی در ویژگی‌های حسی ماده غذایی و اکسیداسیون لیپیدها شده است [۴]. در خصوص تغییرات احتمالی ایجاد شده در شیر و میزان بازدهی ازن در افزایش ماندگاری شیر پاستوریزه تحقیقات و مطالعات ویژه ایی انجام نشده است [۱]. لذا تحقیق حاضر می تواند به مصرف کنندگان محصولات لبنی این اطمینان را بدهد که بکارگیری تیمار ازن، به عنوان یک روش مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست، در کنار فرآیندهای حرارتی می تواند بدون ایجاد تغییرات حسی و شیمیایی نامطلوب منجر به افزایش ماندگاری شیر پاستوریزه شود. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر غلظت‌های مؤثر ازن گازی در کنار فرایند پاستوریزاسیون بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی شیر پس چرخ صورت پذیرفت.

۲- مواد و روش کار

شیر پس چرخ پاستوریزه از کارخانه شیر پگاه همدان تهیه شد. گاز ازن توسط دستگاه ازن ساز (Aqua Life Care, Iran) با سرعت تولید ۵ گرم گاز ازن در ساعت فراهم گردید. در این مطالعه از محیط کشت میکروبی و مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان) استفاده گردید.

۱.۲. طرح آزمون و آماده سازی تیمارها

شیر پس چرخ با چربی ۱.۲ درصد، اسیدیته ۱۵ (۶.۶ pH) و نقطه انجماد ۵۲۰ در دمای ۷۸ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ ثانیه (به روش HTST^۱) پاستوریزه گردید. تیمارهای ازن شامل غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۵ و ۱۰ ppm به صورت مجزا به شیر پاستوریزه سرد شده در مخزن دستگاه پرکننده به کمک لوله هدایت کننده گاز در مخزن نگهداری شیر (همزمان با فعالیت همگن کننده) تزریق شده و در کیسه‌های یک کیلویی بسته بندی گردید. نمونه‌های بدون عملیات تزریق ازن بعنوان گروه کنترل در نظر گرفته شدند. غلظت‌های کاربردی ازن بر اساس توان دستگاه و زمان رسیدن به این غلظت‌ها محاسبه گردید. ارزیابی‌های شیمیایی و میکروبی نمونه‌ها (هر تیمار شامل ۱۲ بسته یک کیلویی شیر) در سه تکرار در روزهای صفر، ۴، ۷ و ۱۵ نگهداری در ۴ درجه سانتیگراد صورت پذیرفت.

۲.۲. آنالیز میکروبی

جهت شمارش جمعیت میکروبی کل (TVC^۲) در نمونه‌ها، رقت‌های متوالی با استفاده از محلول آب پیتونه استریل (۱/۱ درصد) تهیه و با استفاده از روش کشت آمیخته^۳ در محیط کشت PCA^۴ استریل کشت داده شدند. سپس پلیت‌های آگار کشت داده شده در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شدند. جمعیت میکروبی کل بر اساس لگاریتم CFU^۵ در هر میلی لیتر نمونه گزارش گردید [۷].

۳.۲. آنالیز شیمیایی

۱.۳.۲. اسیدیته

جهت اندازه‌گیری اسیدیته، مقدار ۱۰ میلی لیتر نمونه شیر در بشر با حجم ۱۰۰ میلی لیتر با ۰/۵ میلی لیتر

معرف فنل فتالئین همگن گردید. سپس با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال، عیارسنجی انجام شد. اسیدیته کل با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\text{Acidity: } N \times 0.009 \times 100 / V$$

N: مقدار میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال مصرف شده
V: حجم نمونه

۲.۳.۲. سنجش pH

پس از اطمینان از کالیبره بودن دستگاه pH متر، نمونه‌ها بطور مجزا داخل بشر با حجم ۱۰۰ میلی لیتر ریخته و الکتروود دستگاه pH متر به طور کامل داخل نمونه قرار داده شد. دمای نمونه‌های مورد ارزیابی ۲۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردید. پس از گذشت ۴۵ ثانیه تماس بین الکتروود و نمونه، pH نمونه‌ها ثبت شد.

۳.۳.۲. ارزیابی اکسیداسیون چربی

به منظور استخراج چربی، میزان ۱۰ میلی لیتر از هر نمونه با ۲۵ میلی لیتر محلول دی کلرومتان- متانول (با نسبت ۲ به ۱) به خوبی مخلوط شده و به مدت ۲۰ دقیقه (دور ۱۸۰۰ g) سانتریفیوژ گردید. پس از جداسازی چربی شیر از فاز بالایی محلول، حلال باقیمانده تحت خلأ در تبخیر کننده حذف گردید. ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی (PV) در نمونه‌ها با استفاده از روش AOCS^۶ و بر اساس میزان هیدروپراکسید موجود در چربی نمونه‌ها صورت پذیرفت [۸].

۴.۳.۲. سنجش پروفایل اسیدهای چرب

ارزیابی نوع و میزان اسیدهای چرب در چربی تیمارها توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (Shimadzu Corp, SGE-BPX70, Japan) انجام شد. به میزان یک میکرولیتر از چربی خالص استخراج شده هر نمونه به دستگاه تزریق گردید. در این مطالعه از ستون با قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و طول ستون ۶۰ متر استفاده شد. در ابتدا دمای ستون ۱۵۰ درجه

1- High Temperature Short Time
2- Total Viable Count
3- Pour plate culture
4- Plate count agar
5- Colony Forming Unit

6- American Oil Chemists' Society

۳- نتایج و بحث

۱.۳. آنالیز میکروبی

نمودار ۱ نتایج ارزیابی میکروبی تأثیر غلظت های مختلف ازن بر شمارش کلی میکروارگانیسم ها در شیر پاستوریزه طی مدت نگهداری در دمای ۴ درجه ی سانتیگراد را نشان می دهد. روند رشد میکروارگانیسم ها در نمونه ی کنترل از روز صفر تا روز ۷ نگهداری، ثابت و نسبتاً کاهشی بود درحالیکه از روز ۷ تا روز ۱۵ روند افزایشی نشان داد. مشابه با گروه کنترل، جمعیت میکروبی در نمونه های تیمار شده با ازن نیز تا روز ۷، روند نزولی داشته و سپس افزایش جمعیت تا روز ۱۵ نگهداری پیدا نمودند. با این وجود تیمارهای ازن زده نسبت به گروه کنترل بطور معنی داری ($P < 0/05$) با کاهش جمعیت میکروبی همراه بودند. به گونه ایی که تیمارهای ازن زده با غلظت های ۵ ppm و ۱۰ منجر به کاهش بیش از ۰/۵ سیکل لگاریتمی از جمعیت میکروبی شیر در تمام روزهای نگهداری شدند. این تأثیر در تیمار ازن با غلظت ppm ۱،۵ در روز ۱۵ نگهداری نسبت به گروه کنترل بطور معنی داری ($P < 0/05$) مشهود بود. غلظت های ppm ۵ و ۱۰ ازن تفاوت معنی داری در میزان اثرگذاری ضد میکروبی با هم نداشته ($P > 0/05$) و اثرگذاری هر دو غلظت از تیمار ppm ۱/۵ ازن بیشتر بود. بیشترین و کمترین اثر ضد میکروبی ازن به ترتیب در روز ۱۵ نگهداری با غلظت ppm ۱۰ و روز ۴ نگهداری مربوط به غلظت ppm ۱/۵ بود. اگرچه افزایش جمعیت میکروبی در نمونه های ازن زده بعد از روز ۷ نگهداری کمتر از گروه کنترل بود ولیکن عواملی همچون کاهش تدریجی نیمه عمر ازن در نمونه های تیمار شده و رشد آهسته باکتری های مقاوم به حرارت بعد از پاستوریزاسیون شیر، می تواند منجر به افزایش جمعیت کلی میکروارگانیسم ها در این تیمارها شود. حد مجاز جمعیت میکروبی هوازی

سانتیگراد بوده و به مدت ۱ دقیقه در این دما نگه داشته شد. سپس به تدریج دما را به ۲۴۰ درجه رسانده و به مدت ۱۰ دقیقه زمان داده تا حداکثر میزان خروج اسیدهای چرب محقق گردد. گاز نیتروژن با جریان ۱/۱ میلی لیتر بر دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد [۹].

۵.۳.۲. ترکیبات اصلی شیر

به منظور اندازه گیری میزان پروتئین، چربی، لاکتوز و آب از دستگاه میکواسکن (funck gerber – آلمان) استفاده شد. به منظور آنالیز این مقادیر به صورت تقریبی، الکتروود دستگاه به طور مجزا وارد هر نمونه گردید [۱۰].

۶.۳.۲. ارزیابی خصوصیات حسی

ویژگی های حسی مورد ارزیابی شامل ظاهر، بافت، مزه و پذیرش کلی نمونه بود که در قالب آزمون هدونیک پنج نقطه ای توسط ۲۰ نفر از افرادی که در خط تولید کارخانه ی پگاه حضور داشتند صورت گرفت. این افراد با جنسیت مرد و در بازه ی سنی ۲۵ تا ۴۵ سال قرار داشتند.

۴.۲. آنالیز آماری

این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل شیر پاستوریزه فاقد افزودنی بعنوان گروه کنترل و شیر های پاستوریزه ازن زده با غلظت های ppm ۱/۵، ۵ و ۱۰ بودند که در چهار بازه ی زمانی روزهای صفر، ۴، ۷ و ۱۵ نگهداری در شرایط سرد یخچال، خصوصیات میکروبی، شیمیایی و ارگانولپتیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. اختلاف نتایج بین تیمارهای مختلف بر اساس طرح آماری فاکتوریل کاملاً تصادفی با استفاده از تحلیل واریانس ANOVA در سطح اطمینان ۹۵٪ تعیین شد. مقایسه میانگین داده ها بر اساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار IBM SPSS ۲۶ انجام گردید.

زمان‌های متوالی نشان داد که با افزایش زمان در معرض ازن بودن، اثر بخشی ضد میکروبی آن نیز افزایش یافت. طبق بررسی‌های صورت گرفته مکانیسم این عمل می‌تواند ناشی از اکسیداسیون تدریجی میکروارگانیسم‌ها باشد [۱۳]. علی‌رغم از بین رفتن تمام عوامل بیماری‌زا و کاهش باکتری‌های فساد زا طی فرایند پاستوریزاسیون شیر، تعداد زیادی اسپور و سلول‌های رویشی ترمودوریک در شیر پاستوریزه باقی مانده و باعث ایجاد محدودیت در مدت ماندگاری این محصول در یخچال می‌شوند. لذا اعمال حرارت بیشتر یا بکارگیری فرایندهای اضافی مانند تیمار ازن زنی می‌تواند در کاهش میکروارگانیسم‌های فسادزا و افزایش ماندگاری این محصول موثر واقع شود [۱۴].

در شیر پاستوریزه $7/5 \times 10^4$ CFU/ml تعیین شده است [۱۱]. بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی در تیمارهای مورد مطالعه، تمامی نمونه‌ها در مدت نگهداری به مدت ۱۵ روز در محدوده استاندارد میکروبی شیر پاستوریزه قرار داشتند. مطالعات در خصوص بکارگیری ازن جهت کنترل میکروارگانیسم‌ها در شیر و محصولات لبنی نشان داده است که با افزایش غلظت ازن و زمان تماس آن در این محصولات، تأثیر ضد میکروبی بیشتر می‌شود [۶]. در همین خصوص Genecya و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند تیمار ازن به مدت ۱۱ دقیقه قادر است به میزان ۲/۹۷ سیکل لگاریتم جمعیت میکروارگانیسم‌ها را در شیر پس چرخ پاستوریزه کاهش دهد [۱۲]. در پژوهش دیگری ارزیابی میکروبی پودر شیر خشک تیمار شده با غلظت‌های مختلف ازن طی مدت

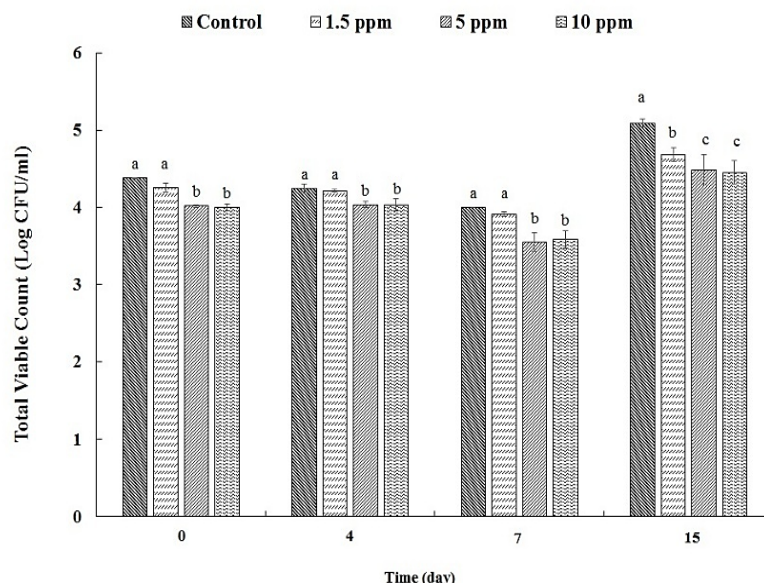


Figure 1 Evaluation of the effect of ozone on Total Viable Count in the treated skim milk samples stored at 4°C

نتایج ارزیابی تغییرات pH در تیمارهای کنترل و ازن زده طی نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد در جدول ۱ نشان داده شده است. بطور کلی نتایج نشان داد که تغییرات محسوسی در میزان pH نمونه‌ها مشاهده نگردید. بیشترین میزان pH مربوط به تیمار

۳-۲- آنالیز شیمیایی

۳-۲-۱- ارزیابی اسیدیته و pH نمونه‌ها

در میزان pH نمونه‌های کنترل، شیر کامل و شیر بدون مشاهده نشد [۱۲]. همچنین در پژوهش دیگری با تزریق ازن به شیر تازه‌ی گاو در زمان‌های ۰/۵، ۱، ۵ و ۱۰ دقیقه مشاهده گردید که pH نمونه‌ها تغییر چشمگیری نداشته است [۱۷]. که این گزارش با نتایج حاصل از مطالعه ما مطابقت داشت.

اسیدیته‌ی شیر تازه در حدود ۰/۱۴-۰/۱۶ بر حسب مقدار اسید لاکتیک یا ۱۴-۱۶ بر حسب درجه‌ی درنیک است. طبق سازمان بهداشت جهانی میزان اسیدیته در شیر با کیفیت ۱۷ درصد بر حسب مقدار اسید لاکتیک است [۱۵]. از دلایل بالا بودن اسیدیته در شیرهای پاستوریزه می‌توان به عدم رعایت زنجیره‌ی سرمایی و بالا رفتن دمای محیط اشاره کرد. همچنین ناکافی بودن حرارت پاستوریزاسیون و باقی ماندن آلودگی‌های میکروبی و آنزیم‌های مربوط به آن‌ها می‌تواند باعث بالا رفتن اسیدیته در شیرهای پاستوریزه شود [۱۸]. براساس مشاهدات Lu و همکاران (۲۰۱۳) زمانی که فساد اتفاق می‌افتد، اسیدیته‌ی شیر افزایش می‌یابد. بنابراین یکی از عوامل تعیین کننده در کیفیت شیر اسیدیته است. اسیدیته‌ی طبیعی شیر در بازه ۰/۱۶ تا ۰/۱۸ است [۱۶]. با مقایسه‌ی نتایج نمونه‌ی کنترل و نمونه‌ی ازن‌زده با غلظت ۱/۵ ppm در روز صفر می‌توان به صورت معنی‌داری ارتباط تزریق ازن با مقادیر اسیدیته را نتیجه‌گیری کرد. بدین صورت که ابتدا جمعیت میکروبی بالا بوده و ازن شوکی در جمعیت میکروبی ایجاد نکرده است در نتیجه اسیدیته‌ی این نمونه‌ها بالا است. اما زمانی که از غلظت بالاتری از ازن استفاده گردید رشد میکروبی کاهش بیشتری داشته، در نتیجه افزایش اسیدیته کنترل شده است. همچنین با مقایسه‌ی ردیفی داده‌ها در مقدار اسیدیته با گذر زمان معنی‌دار بود.

۱۰ ppm ازن در روز ۱۵ و کمترین مقدار آن تیمار ۵ ppm در روز صفر بود. همانگونه که در جدول ۱ نشان داده می‌شود اسیدیته نمونه کنترل در روز صفر ۱/۶ بود و اسیدیته این نمونه در روز ۱۵، ۱/۸ شد که این روند افزایشی در اسیدیته با افزایش رشد میکروبی مطابقت دارد. مقدار عددی اسیدیته در نمونه‌ی کنترل در روز ۴ روند کاهشی و در روز ۷ و ۱۵ روند افزایشی داشته است. اسیدیته نمونه‌های ازن زده با غلظت ۱/۵ ppm در روز صفر در حدود ۱/۶ و در روز ۱۵ به ۱/۸ رسید. درحالی‌که بکارگیری غلظت‌های ۵ ppm و ۱۰ ppm ازن تغییری در نمونه‌ها طی روزهای صفر و ۱۵ ایجاد نکرد. در نهایت بیشترین مقدار اسیدیته در روز ۷ مربوط به تزریق ۱۰ ppm ازن و در روز ۱۵ در نمونه کنترل و غلظت ۱/۵ ppm ازن، و کمترین مقدار مربوط به غلظت ۱۰ ppm ازن در روز صفر بود.

سنجش اسیدیته و pH از معیارهای مهم مورد بررسی در ارزیابی عمر ماندگاری مواد غذایی می‌باشند. تغییر این فاکتورها در مواد غذایی حین نگهداری می‌تواند به دلیل تغییرات ناشی از فعالیت آنزیمی و رشد میکروارگانیسم‌ها باشد. طبق استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، مقدار pH شیر با کیفیت در شرایط حرارت دهی در دمای ۱۰۰ تا ۱۱۷ درجه‌ی سانتیگراد باید حدود ۶/۶ باشد که در مطالعه حاضر تمام نمونه‌ها در این محدوده قرار داشتند [۱۵]. طبق پژوهش Lu و همکاران (۲۰۱۳) ارتباط معنی‌داری میان افزایش اسیدهای چرب آزاد در شیر و کاهش درصد کازئین با کاهش pH وجود دارد. لذا سطح pH می‌تواند نشان دهنده‌ی میزان پیشرفت فساد باشد و زمانی که عطر و طعم شیر بر اثر کاهش pH تغییر کند سطح اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد و کازئین‌ها را نشان می‌دهد [۱۶]. Genecya و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تغییر معنی‌داری

Table 1 the changes of pH and acidity of the treated skim milk samples during storage at 4 °C.

Treatments		Storage days			
		0	4	7	15
Control	pH	6.81 ± 0.03	6.82 ± 0.01	6.86 ± 0.00	6.86 ± 0.01
	Acidity	1.5 ± 0.02	1.5 ± 0.01	1.6 ± 0.01	1.8 ± 0.00
1.5 ppm	pH	6.82 ± 0.01	6.81 ± 0.01	6.86 ± 0.00	6.87 ± 0.00
	Acidity	1.6 ± 0.02	1.5 ± 0.05	1.7 ± 0.00	1.7 ± 0.00
5 ppm	pH	6.81 ± 0.02	6.82 ± 0.00	6.86 ± 0.00	6.87 ± 0.00
	Acidity	1.5 ± 0.01	1.6 ± 0.05	1.6 ± 0.00	1.6 ± 0.00
10 ppm	pH	6.80 ± 0.01	6.81 ± 0.01	6.86 ± 0.00	6.88 ± 0.00
	Acidity	1.5 ± 0.11	1.5 ± 0.00	1.7 ± 0.00	1.6 ± 0.05

۲-۲-۳- ارزیابی عدد پراکسید در نمونه ها

نتایج ارزیابی میزان تولید پراکسید در نمونه های کنترل و ازن زده شده طی مدت ۱۵ روز نگهداری در نمودار شماره ۲ نشان داده می شود. با مقایسه داده ها به صورت ردیفی مشاهده شد که به صورت معنی داری در تمامی نمونه های کنترل و ازن زده (در تمامی غلظت ها) عدد پروکسید با گذر زمان افزایش یافته است. همچنین ارتباط معنی داری میان غلظت ازن بکار رفته و کاهش عدد پراکسید وجود داشت. بدین صورت که با افزایش غلظت ازن، عدد پروکسید کاهش بیشتری نسبت به نمونه کنترل نشان داد. در روز ۱۵ نگهداری، غلظت ۱/۵ ppm ازن بطور چشمگیری با افزایش بیشتر عدد پراکسید نسبت به نمونه کنترل همراه بود و در غلظت های ۵ ppm و ۱۰ ppm با مقادیر یکسان در عدد پراکسید از نمونه ی کنترل بیشتر و از غلظت ۱/۵ ppm کمتر بودند.

اکسیداسیون چربی از مهمترین عوامل محدود کننده در ماندگاری محصولات لبنی و همچنین کاهش کیفیت، ارزش غذایی و بدطعمی آنها است. از جمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر سرعت اکسیداسیون دما، زمان، pH، اسید چرب، غلظت آنتی اکسیدان و وجود اکسیژن است [۱۹]. به صورت میانگین، ترکیب اسیدهای چرب در چربی شیر به صورت ۷۰ درصد اشباع، ۲۵ درصد تک غیر اشباع و ۵ درصد اسیدهای

چرب چند غیر اشباع است. همچنین لیپازهای باکتریایی و لیپازهای طبیعی موجود در شیر می تواند موجب هیدرولیز تری گلیسیریدها شده و تولید اسیدهای چرب آزاد و گلیسرول را به همراه داشته باشد [۲۰]. بیشترین مقدار عدد پراکسید (PV) در نمونه ی ازن زده با غلظت ۱/۵ ppm در روز ۱۵ و کمترین مقدار مربوط به نمونه ی ازن زده با غلظت ۱۰ ppm در روز ۴ بوده است. استاندارد عدد پراکسید در ایران کمتر از ۵ بوده که در تمامی نمونه های کنترل و ازن زده این عدد از استاندارد خارج بود که علت آن می تواند هم زدن بیش از حد شیر در خط تولید باشد [۱۱]. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که تماس ازن با شیر پس چرخ تا ۵ دقیقه هیچ اثری بر روی عدد پراکسید نداشته است ولیکن در نهایت تا مدت ۱۰ دقیقه به بالاترین حد خود رسیده است [۱۷]. با توجه به این نتایج می توان به این نتیجه رسید که با افزایش ازن محلول در شیر طی گذشت زمان، فرآیند اکسیداسیون رخ می دهد. در پژوهشی که توسط Segat و همکاران (۲۰۱۴) صورت گرفت با تزریق ازن تا حداکثر ۳۰ میلی گرم بر لیتر به نمونه ی پنیر موزارلا با رطوبت بالا، این نمونه در مقایسه با نمونه ی بدون ازن به صورت ناچیز دچار اکسیداسیون شد [۲۱]. Khanashyam و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که با تزریق ازن به شیر خشک بدون چربی، شیر

قرار داشته و تفاوت چشمگیری با نمونه‌ی کنترل ندارد.

خشک کامل و پنیر، میزان پایداری اکسیداتیو در این محصولات تغییر محسوسی با قبل از تزریق ازن نداشته است [۲۲]. در نتیجه می‌توان امیدوار بود که عدد پراکسید در نمونه‌های ازن زده در رنج استاندارد

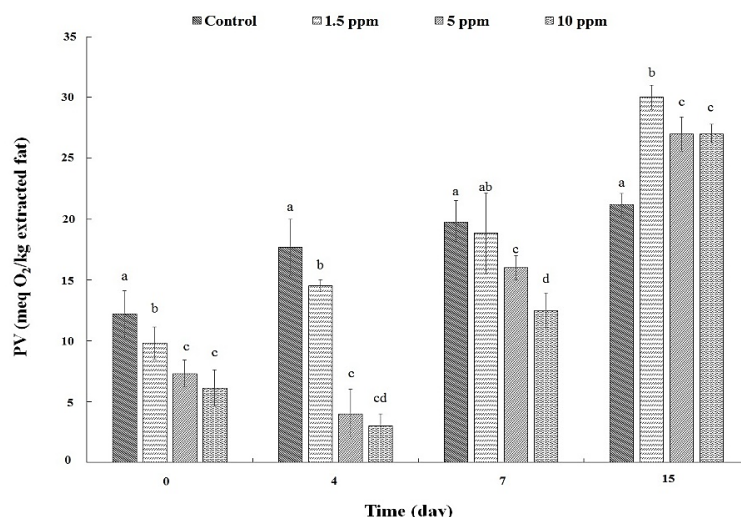


Figure 2 The effect of ozone on the peroxide value of the treated skim milk samples stored at 4°C

غلظت ۱/۵ ppm در روز ۴ و کمترین درصد مربوط به غلظت ۱۰ ppm در روز صفر می‌باشد. بالاترین درصد C10 مربوط به غلظت ۱/۵ ppm ازن در روز ۴ و کمترین درصد مربوط به غلظت ۵ ppm در روز ۴ است. طبق نتایج به دست آمده به صورت تقریبی در تمامی اسیدهای چرب کوتاه زنجیر با تزریق ازن در تمامی غلظت‌ها در روز ۴ روند افزایشی و در روزهای صفر، ۷ و ۱۵ روند کاهشی نسبت به نمونه‌ی کنترل شاهد بودیم. در مطالعه حاضر بالاترین درصد C18:0, C16 مربوط به غلظت ۵ ppm و کمترین درصد مربوط به غلظت ۱۰ ppm و ۱۵ ppm در روز صفر بود. در ارتباط با اسید چرب C18:1، بالاترین درصد مربوط به غلظت ۵ ppm در روز ۴ و کمترین درصد مربوط به غلظت ۵ ppm در روز ۷ و غلظت ۱۰ ppm در روز ۴ بود. با توجه به داده‌های به دست آمده، ازن با غلظت ۱۰ ppm منجر به افزایش این اسیدچرب از روز ۴ تا ۱۵ شد.

۳-۲-۳- آنالیز پروفایل اسیدهای چرب

نتایج حاصل از آنالیز کروماتوگرافی گازی چربی‌های استخراج شده از نمونه شیر پس چرخ تیمار نشده و تیمار شده با غلظت‌های مختلف ازن در جدول شماره ۲ نشان داده می‌شود. طبق داده‌های بدست آمده بالاترین درصد C4 مربوط به نمونه‌ی ازن زده با غلظت ۱۰ ppm در روز ۴ و نمونه‌ی شاهد در روز ۷ بود و کمترین درصد مربوط به نمونه‌ی ازن زده با غلظت ۱۰ ppm در روز صفر بوده است. با مقایسه‌ی داده‌های موجود، ارتباط معنی‌داری میان نمونه‌های کنترل و ازن زده در گذر زمان مشاهده نشد. بالاترین درصد C6 مربوط به تمامی نمونه‌های ازن زده در روز ۴، نمونه‌ی کنترل در روزهای ۷ و ۱۵ بوده است و کمترین درصد مربوط به نمونه‌ی ازن زده با غلظت ۱۰ ppm در روز صفر بوده است. با مقایسه‌ی داده‌ها ارتباط معنی‌داری میان مقادیر اسید چرب با گذر زمان مشاهده نشد. همچنین بالاترین درصد C8 مربوط به

طی مدت زمان نگهداری در هر سه دما، اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب تک غیر اشباعی دچار هیچ تغییری نشدند. اما اسیدهای چرب چند غیر اشباعی در دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد کاهش ($P < 0.05$) داشتند. علت این پدیده می‌تواند سطح بالای واکنش پیوندهای دوگانه با رادیکال‌های آزاد و درجه بروز اکسیداسیون باشد [۱۹]. از مهمترین عوامل هیدرولیز چربی شیر و بدنال آن آزاد شدن اسیدهای چرب، تحریک بیش از حد شیر تحت شرایطی مانند حمل خشن شیر و سرد شدن دیر هنگام شیر خام بوده که موجب افزایش فعالیت لیپولیتیک آنزیم‌های تجزیه کننده‌ی چربی (لیپاز) می‌گردد. آنزیم‌های لیپاز که به صورت طبیعی در شیر وجود دارند توسط فرآیندهای حرارتی حذف شده، اما آنزیم‌های لیپولیتیک با منشأ باکتریایی مقاوم به حرارت بوده و در شیر باقی مانده و موجب اکسیداسیون چربی شیر در طول مدت زمان نگهداری می‌شوند [۲۰].

در میان اسید چرب‌های اشباع شیر، اسید پالمیتیک بیشترین مقدار را دارد، لذا در آنالیز GC انتظار می‌رود بالاترین مقدار مربوط به این اسید چرب باشد. همچنین در بین اسید چرب‌های غیر اشباع، اولئیک اسید بیشترین مقدار را دارد. الگوی کلی در میان اسیدهای چرب بلند زنجیر C16:0 و C18:0 تقریباً مشابه بوده و تزریق ازن در تمامی غلظت‌ها موجب افزایش این اسیدهای چرب شده است. در بین اسیدهای چرب، ازن میل ترکیبی بالایی با اسید اولئیک (C18: 2n-6) دارد و همین علت باعث می‌شود که این اسید چرب به صورت یک آنتی اکسیدان طبیعی عمل کرده و از اثر ازن بر سایر اسیدهای چرب بکاهد. همچنین ازن بر روی اسید چرب اسید لینولئیک که اسید چرب چند غیر اشباع است، نسبت به اسید پالمیتیک که اسید چرب اشباع شده است به صورت چشمگیری تأثیر بیشتری داشته است [۲۳]. در پژوهشی که توسط Jiang و همکاران صورت گرفت، ترکیب اسیدهای چرب پس از نگهداری در دمای ۲۵، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که

Table 2 GC analysis of the treated skim milk samples stored at 4°C.

Time storage (day)	Treatments	Fatty acid									
		C4	C6	C8	C10	C12	C14:0	C14:1	C15:0	C15:1	C16:0
0	Control	۱/۶۶۴۴	۰/۹۷۶۳	۰/۷۲۴۹	۱/۹۱۰۸	۲/۵۸۹۸	۱۰/۰۱۶۶	۱/۱۴۸۳	۰/۵۶۰۰	۱/۱۶۳۲	۳۵/۲۱۰۵
	1.5 ppm	۰/۹۸۷۳	۰/۸۴۹۲	۰/۶۹۱۷	۵/۹۰۲۱	۲/۶۲۶۹	۱۰/۳۸۹۲	۱/۱۷۴۷	۱/۲۶۸۰	۰/۲۹۴۶	۳۶/۶۸۵۷
	5 ppm	۱/۱۳۳۸	۱/۰۴۲۰	۰/۷۹۶۱	۲/۰۴۰۵	۲/۶۶۹۱	۵۰/۰۰۰۱	۱/۱۴۵۱	۰/۵۵۵۴	۱/۱۴۱۴	۳۴/۴۶۲۲
	10 ppm	۰/۵۳۵۰	۰/۶۱۳۴	۰/۶۰۱۲	۱/۵۰۹۸	۲/۱۴۰۱	۸/۴۵۳۳	۰/۹۵۳۲	۵/۴۷۷۰	۰/۹۹۴۳	۳۱/۴۲۸۳
4	Control	۰/۶۶۲۱	۰/۷۸۳۳	۰/۶۶۰۳	۱/۸۸۶۲	۲/۶۳۳۹	۱۰/۳۹۶۹	۱/۱۶۸۹	۱/۲۰۸۸	۵/۲۹۸۰	۳۶/۴۱۴۳
	1.5 ppm	۱/۴۲۹۹	۱/۴۱۳۸	۱/۰۷۵۳	۲/۵۴۹۷	۳/۰۵۱۴	۱۰/۸۵۸۷	۱/۲۵۸۰	۰/۶۱۴۷	۱/۲۰۳۳	۳۵/۸۷۳۰
	5 ppm	--	--	--	۰/۸۵۵۰	۱/۶۴۸۰	۸/۴۶۰۲	۰/۸۹۹۷	۰/۵۶۳۷	۰/۱۰۸۱	۳۷/۵۳۲۰
	10 ppm	۵/۸۰۰۱	۱/۳۸۲۶	۰/۹۴۸۳	۲/۴۳۴۲	۳/۱۵۳۵	۱۱/۷۳۷۹	۱/۳۴۱۴	۰/۶۳۹۰	۵/۳۶۱۱	۳۸/۳۴۳۵
7	Control	۱/۷۰۷۶	۵/۴۰۶۱	۰/۹۷۶۹	۲/۴۰۲۷	۲/۹۷۲۲	۱۰/۶۱۶۶	۱/۲۰۸۱	۰/۵۷۱۸	۱/۱۴۰۲	۳۵/۲۰۴۰
	1.5 ppm	۱/۳۳۶۳	۱/۲۲۱۹	۰/۹۱۶۶	۲/۴۱۱۵	۳/۰۹۸۷	۱۱/۳۱۴۴	۵/۳۰۵۱	۰/۶۱۳۴	۱/۲۱۲۴	۳۶/۴۵۵۸
	5 ppm	۰/۹۰۴۷	۰/۸۱۵۴	۰/۶۵۰۱	۱/۸۵۸۲	۲/۶۹۷۰	۱۱/۰۸۰۸	۱/۲۷۶۷	۰/۶۴۰۴	۰/۳۱۸۳	۴۰/۰۰۴۸

	10 ppm	۱/۴۳۷۶	۱/۱۰۱۶	۰/۷۸۱۸	۲/۰۵۴۷	۲/۷۳۱۲	۱۰/۵۲۴۱	۱/۲۳۶۹	۰/۵۹۱۸	۱/۲۲۶۲	۳۶/۳۰۷۵
	Control	۱/۸۰۶۴	۱/۳۴۰۲	۵/۹۰۸۰	۲/۲۷۴۵	۲/۹۳۶۴	۱۱/۰۹۲۸	۱/۲۸۴۱	۰/۶۱۳۷	۱/۲۹۲۶	۳۷/۰۴۳۷
	1.5 ppm	۵/۴۲۶۱	۵/۱۱۲۱	۰/۸۵۴۶	۲/۵۸۹۴	۲/۴۵۸۱	۱۱/۸۵۷۴	۱/۴۰۴۱	۰/۶۰۸۲	۱/۳۹۵۷	۳۶/۰۵۸۲
	5 ppm	۰/۷۸۱۲	۰/۸۰۳۲	۰/۶۷۴۲	۱/۹۲۳۸	۲/۶۷۷۶	۱۰/۶۵۶۲	۱/۲۲۶۳	۰/۵۹۶۸	۱/۲۵۵۸	۳۷/۵۴۰۰

Time storage (day)	Treatments	Fatty acid									
		C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1c	C18:1t	C18:2c	C20:0	C20:1	C22:0
0	Control	۱/۹۸	۰/۶۹۰۷	۰/۶۰۶۰	۹/۲۵۱۵	۲۴/۷۳۶۲	۰/۷۶۶۸	۴/۷۲۵۹	۰/۶۰۶۲	۰/۳۷۲۰	۰/۲۹۱۹
	1.5 ppm	۲/۰۸۵۱	۰/۶۸۹۸	۵/۶۴۶۰	۹/۵۷۷۷	۲۴/۴۲۷۸	۰/۷۶۷۴	۳/۶۳۳۷	۰/۶۰۶۷	۰/۴۰۲۱	۰/۲۹۳۷
	5 ppm	۵/۹۴۰۱	۰/۶۲۶۷	۰/۵۸۱۸	۸/۷۸۷۸	۲۳/۸۶۶۸	۱/۰۸۱۹	۶/۷۲۱۲	۵/۷۵۵۰	۵/۳۷۰۰	۰/۲۸۱۳
	10 ppm	۱/۶۷۴۳	۵/۵۵۵۰	۰/۴۹۹۲	۸/۳۵۷۴	۲۴/۲۸۱۷	۱/۰۵۴۶	۱۴/۵۰۴۳	۱/۳۶۶۸	---	---
15	Control	۲/۰۴۴۵	۰/۶۶۹۸	۰/۶۲۳۶	۹/۴۴۲۱	۲۴/۳۵۴۶	۰/۷۶۸۷	۴/۶۳۹۵	۰/۶۶۶۷	۰/۳۹۵۴	۰/۲۸۲۰
	1.5 ppm	۲/۰۸۶۸	۰/۶۵۱۲	۰/۵۹۹۹	۸/۶۲۴۹	۲۳/۳۰۲۳	۱/۰۲۱۴	۳/۲۵۳۱	۰/۵۳۰۱	۰/۳۸۱۳	۰/۲۲۱۳
	5 ppm	۲/۰۲۰۸	۰/۶۹۱۹	۰/۷۴۲۱	۱۱/۴۱۹۳	۲۸/۹۸۶۹	۱/۲۷۵۰	۳/۳۳۲۹	۵/۵۹۱۰	۰/۴۷۳۷	۰/۳۹۹۲
	10 ppm	۲/۲۰۶۲	۰/۶۹۸۷	۰/۶۳۰۲	۸/۹۰۴۲	۲۰/۹۲۹۴	۰/۰۰۸۸	۲/۳۵۸۶	۰/۵۰۹۲	۰/۳۹۷۶	۰/۲۳۲۲
7	Control	۱/۹۶۹۰	۰/۵۹۹۸	۰/۵۳۲۶	۸/۲۷۹۸	۲۳/۸۴۰۳	۰/۰۳۷۷	۵/۵۰۲۱	۰/۵۱۰۰	۰/۳۵۱۷	۰/۲۴۵۸
	1.5 ppm	۲/۹۶۷۴	۰/۶۶۷۰	۰/۶۵۰۳	۸/۴۰۴۵	۲۴/۱۰۳۰	۰/۹۲۰۷	۲/۳۱۴۴	۰/۴۸۰۶	۰/۳۸۷۳	۰/۲۱۸۲
	5 ppm	۲/۲۹۶۲	۰/۷۵۷۱	۰/۷۰۸۸	۵۰/۳۱۰۱	۲۰/۵۷۷۶	۰/۰۰۳۳	۲/۷۷۴۰	۰/۵۹۰۴	۰/۴۵۸۳	۰/۲۷۷۱
	10 ppm	۲/۷۴۷۶	۰/۶۸۴۹	۰/۶۷۷۰	۹/۰۹۳۱	۲۴/۰۲۸۹	۰/۹۸۸۴	۲/۴۹۰۹	۵/۵۲۳۰	۰/۴۰۹۷	۰/۱۰۹۱
15	Control	۲/۱۱۹۰	۰/۶۶۴۷	۰/۶۰۷۷	۸/۵۷۳۵	۲۲/۸۴۹۶	۰/۹۹۷۹	۲/۵۰۹۴	۰/۵۰۹۹	۰/۳۵۸۰	۰/۲۱۷۴
	1.5 ppm	۳/۴۸۲۵	۰/۶۷۶۹	۰/۵۹۱۹	۷/۲۰۲۸	۲۳/۸۷۸۰	۱/۳۲۰۸	۲/۰۱۲۵	۵/۴۲۰۰	۰/۳۸۵۲	۰/۲۶۴۲
	5 ppm	۲/۱۴۴۱	۰/۶۹۸۹	۵/۶۸۹۰	۹/۵۱۷۷	۲۴/۸۰۱۶	۰/۲۴۴۴	۲/۵۶۶۴	۰/۵۳۵۳	۰/۴۱۰۳	۰/۲۵۷۱
	10 ppm	۳/۲۴۶۸	۵/۶۹۸۰	۰/۷۰۳۲	۹/۲۹۳۸	۲۳/۶۸۵۲	۱/۲۵۸۰	۲/۵۶۱۱	۰/۵۰۱۰	۰/۴۱۹۰	۰/۲۲۹۸
	10 ppm	۵/۲۳۸۱	۱/۰۵۸۲	۰/۷۶۸۲	۱/۹۵۲۸	۲/۸۵۹۴	۱۰/۷۴۲۱	۵/۲۴۸۱	۰/۵۸۶۹	۱/۱۲۵۸	۳۵/۵۴۳۲

۴-۲-۳- آنالیز ترکیبات اصلی شیر

نتایج به دست آمده در خصوص تأثیر ازن بر سنجش ترکیبات اصلی شیر پس چرخ طی مدت نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است. در روز صفر نمونه‌ی ازن زده با غلظت ppm ۵ مقدار چربی بیشتری نسبت به نمونه‌ی کنترل داشت. در روز ۴ با افزایش غلظت ازن مقدار چربی نمونه به صورت صعودی افزایش یافته است و در روز ۷ تمامی نمونه‌های ازن زده شده در تمامی غلظت‌ها نسبت به نمونه‌ی کنترل افزایش چربی داشته اند. در روز ۱۵ میزان چربی در نمونه ازن زده شده با غلظت ppm ۱/۵ بصورت محسوسی نسبت به نمونه‌ی کنترل کاهش یافت و در غلظت‌های بالاتر ازن مقدار چربی تقریباً یکسان بوده و کمتر از نمونه‌ی کنترل بود. بیشترین مقدار چربی در روز ۴ و با غلظت ppm ۱۰ و کمترین مقدار چربی در روز ۱۵ و با غلظت ازن ppm ۱/۵ بوده است. بالاترین مقدار پروتئین مربوط به غلظت ppm ۵ در روز ۴ و کمترین مقدار مربوط به غلظت ppm ۱/۵ در روز ۷ بود (نمودار ۳). بیشترین مقدار لاکتوز در روز ۴ در نمونه‌ی کنترل و ازن زده با غلظت ppm ۵ و کمترین مقدار در نمونه‌ی ازن زده با غلظت ppm ۱/۵ در روز ۷ بود. بیشترین مقدار مواد معدنی مربوط به نمونه‌ی ازن زده با غلظت های ppm ۱/۵ و ppm ۱۰ در روز ۴ و کمترین آن مربوط به نمونه‌ی ازن زده با غلظت ppm ۵ در روز ۱۵ بود (نمودار ۳). چربی شیر نسبت به چربی سایر مواد غذایی ترکیب پیچیده‌تری دارد و از انواع گوناگون اسیدهای چرب تشکیل شده است. مهمترین اسیدهای چرب موجود در شیر C18:1، C18:0، C16:0، C14:0 هستند [۱۶]. بطورکلی با توجه به داده‌های به دست آمده، ارتباط معنی

داری میان غلظت ازن و روزهای نمونه برداری مشاهده نشد.

نتایج نشان داد که در روز ۷ ارزیابی نمونه ها، میزان اسیدیته افزایش یافته و لاکتوز هم کاهش یافته است که نشان دهنده‌ی شروع فرآیند تخمیر است. طی این فرآیند، باکتری‌های اسیدلاکتیک از پروتئین موجود استفاده میکنند پس باید کاهش پروتئین داشته باشیم که با داده‌های ما کاملاً مطابقت دارد [۲۴]. همچنین ارتباط معنی‌داری میان داده‌های مربوط به غلظت ازن مشاهده نشد.

با مقایسه‌ی داده‌ها در روزهای نمونه برداری مشاهده شد که مقدار لاکتوز به صورت معنی‌داری در نمونه‌های کنترل و ازن‌زده طی روزهای ۷ و ۱۵ با افزایش رشد میکروبی کاهش یافته است. همچنین در روز ۷ و ۱۵ افزایش اسیدیته صورت گرفته که نشان از افزایش رشد میکروبی بوده است. روند این داده‌ها کاملاً باهم مطابقت دارند. به صورت کلی تنها عاملی که باعث کاهش در مقدار لاکتوز می‌شود تخمیر است و تخمیر باعث افزایش اسیدیته می‌شود زیرا لاکتوز در این فرآیند به اسیدلاکتیک تبدیل می‌شود [۲۴]. با مقایسه داده‌های ستونی، ارتباط معنی‌داری میان تزریق ازن در غلظت‌های مختلف و نمونه‌های کنترل مشاهده نشد. از سویی دیگر مقادیر مواد معدنی در نمونه‌های کنترل و ازن‌زده با گذشت زمان کاهش می‌یابد. با مشاهده‌ی داده‌های مربوط به غلظت ازن، ارتباط معنی‌داری میان نمونه‌های ازن‌زده در تمامی غلظت‌ها و کنترل مشاهده نشد. طبق پژوهش صورت گرفته توسط Suprapto و همکاران، دریافتند که تزریق ازن به شیر تازه تا حداکثر مدت ۳۰ دقیقه و غلظت ۲۱/۰۶ میلی گرم در لیتر، اثر معنی‌داری بر چگالی، پروتئین و چربی شیر و به صورت کلی خواص فیزیکوشیمیایی نداشته است [۲۳].

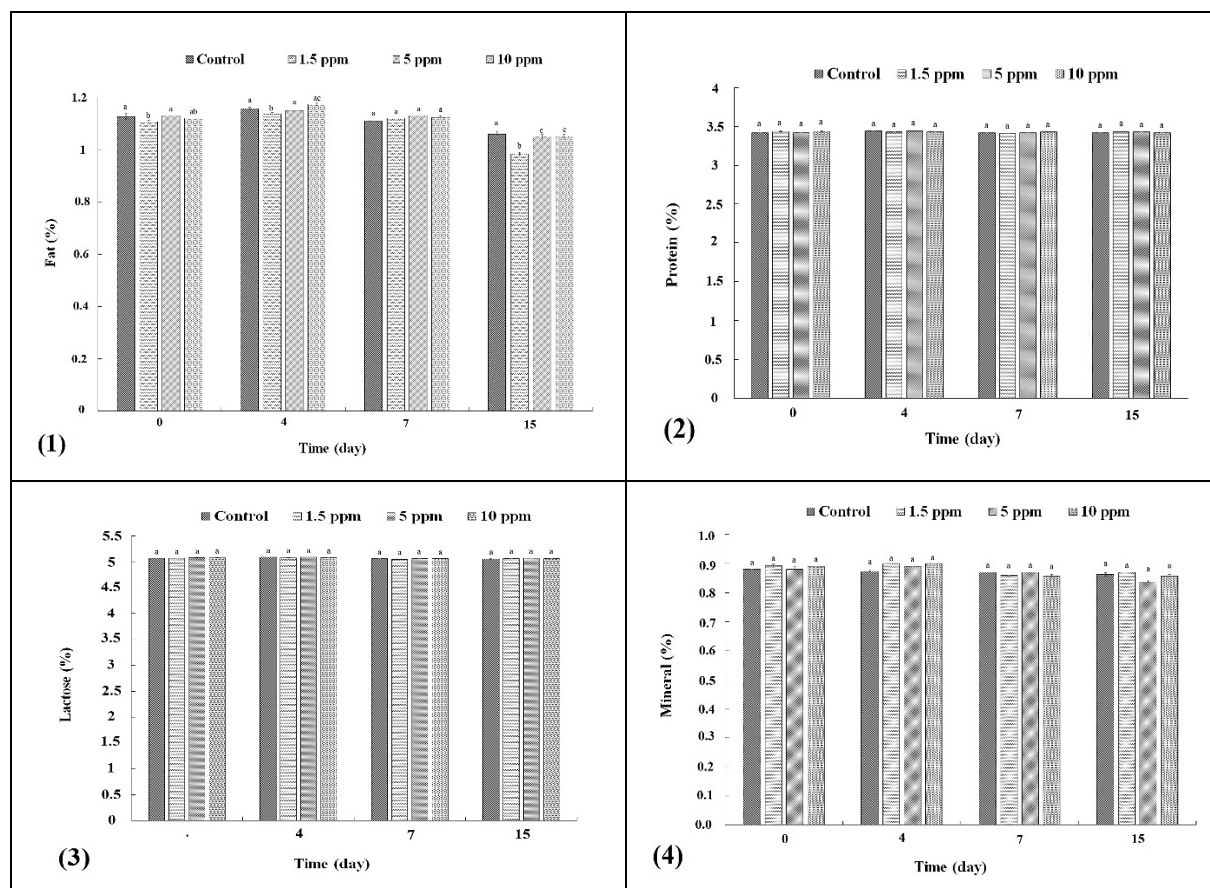


Figure 3 The effect of ozone on the main components of the treated skim milk samples stored at 4°C. 1) Fat, 2) Protein, 3) Lactose, 4) Minerals.

۵، و در روز ۱۵ نمونه کنترل و ازن زده با غلظت ppm ۱/۵ بالاترین امتیاز را داشتند. ویژگی طعم در روز صفر نمونه های ازن زده در تمامی غلظت ها امتیازات یکسان و از نمونه کنترل معدل بالاتری داشتند. در روز ۴ بالاترین امتیاز مربوط به شیر ازن زده با غلظت ppm ۵ بود. در روز ۷ بالاترین امتیازات مربوط به نمونه ازن زده با غلظت ppm ۱۰ و در روز ۱۵ بالاترین امتیاز مربوط به نمونه ازن زده با غلظت ppm ۱/۵ بود. بالاترین امتیاز شاخص بو در روز صفر مربوط به نمونه ازن زده با غلظت ppm ۵ و ppm ۱۰، در روز ۴ بالاترین امتیاز بو مربوط به نمونه ازن زده با غلظت ppm ۱/۵، در روز ۷ بالاترین امتیاز مربوط به نمونه ازن زده با غلظت ppm ۵ و در روز ۱۵ بالاترین امتیاز مربوط به نمونه شاهد و ازن زده با غلظت ppm ۱/۵ بود. در نهایت در مورد احساس دهانی در روز صفر نمونه ازن

۵-۲-۳- خصوصیات حسی نمونه ها

خصوصیات حسی نمونه های شیر پاستوریزه تیمار شده با ازن بر اساس روش هدونیک پنج نقطه ای انجام گرفت و درجه عالی بعنوان بالاترین نمره با عدد ۵ بوده و درجه ضعیف بعنوان پایین ترین نمره با عدد ۱ بود. نتایج به دست آمده در خصوص تأثیر ازن بر ویژگی های حسی نمونه های شیرپس چرخ تیمار شده با ازن طی مدت نگهداری در دمای ۴ درجه ی سانتیگراد در نمودار شماره ۴ آورده شده است. با مقایسه داده ها بین تیمارها در روزهای نگهداری و هر تیمار طی مدت ارزیابی، ارتباط معنی داری مشاهده نشد. بالاترین نمره از نظر ظاهری در روز صفر غلظت ppm ۱/۵، در روز ۴ نمونه کنترل و ازن زده با غلظت ppm ۱/۵، در روز ۷ نمونه های ازن زده با غلظت های ppm ۱/۵ و ppm ۱۰

کنترل و ازن زده با غلظت ۱/۵ ppm بالاترین امتیاز را داشتند.

زده با غلظت‌های ۵ ppm و ۱۰ ppm بالاترین، در روز ۴ نمونه ازن زده با غلظت ۱/۵ ppm بالاترین، در روز ۷ نمونه ازن زده با غلظت ۵ ppm بالاترین و در روز ۱۵ نمونه

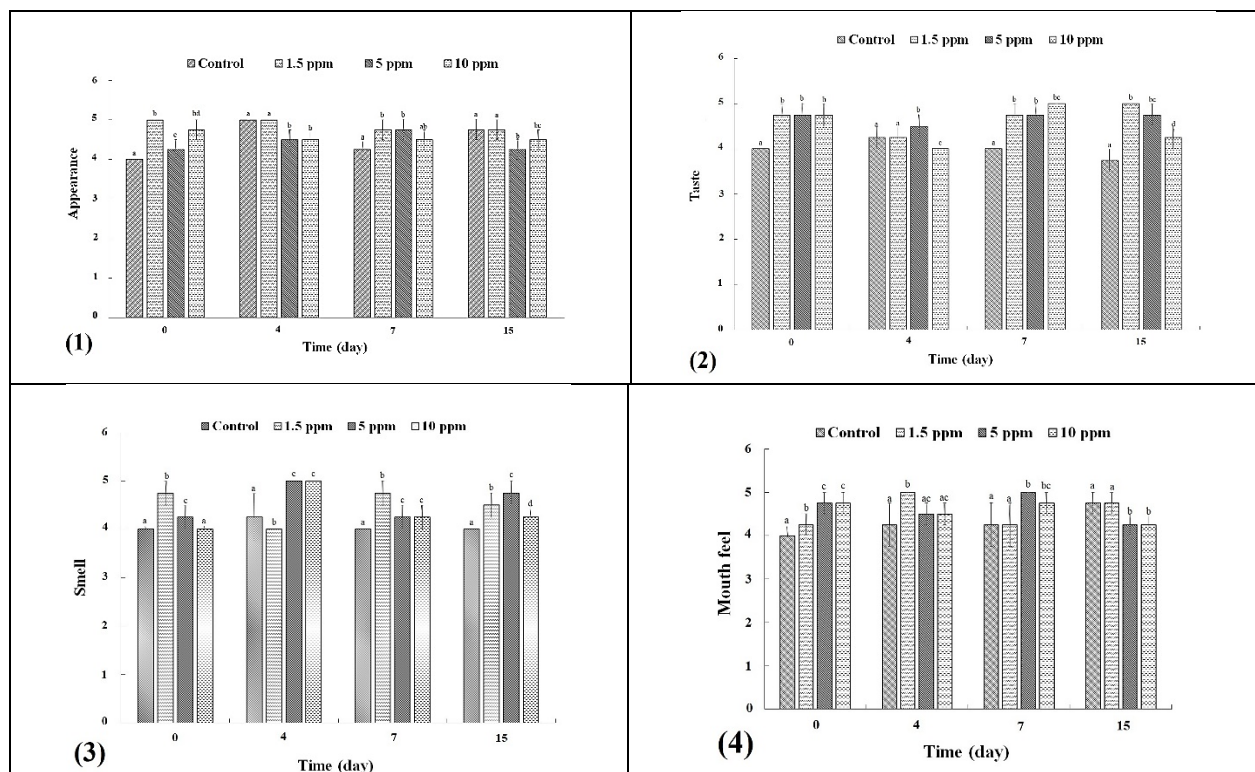


Figure 4 The effect of ozone on sensory characteristics of the treated skim milk stored at 4°C. 1) Appearance, 2) Taste, 3) Smell, 4) Mouthfeel.

غلظت‌ها توسط ارزیاب‌ها و عدم تشخیص این نمونه‌ها از نمونه‌ی کنترل در ارزیابی حسی قابل توجه بود. بنابراین می‌توان از تیمار ازن به عنوان روشی موثر در افزایش ماندگای شیر پس چرخ پاستوریزه بهره گرفت.

۵- سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی سرکار خانم شمشاد اکبری است. نویسندگان از حمایت مالی و معنوی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- منابع

[1] Khadre, M., Yousef, A., Kim, J. G. 2001. Microbiological aspects of ozone applications in

۴- نتیجه گیری

طبق نتایج بدست آمده، تزریق ازن منجر به کاهش قابل توجه جمعیت کلی میکروبی شده و بیشترین اثر بخشی ازن در غلظت ۱۰ ppm و در روز ۱۵ مشاهده شد. در بررسی مقادیر اسیدیته، تغییرات غلظت ازن اثر معنی داری بر رشد میکروبی نداشت اما در روزهای ۷ و ۱۵ مقادیر اسیدیته روند افزایشی داشت. افزودن ازن به شیر در تمامی غلظت‌ها و روزهای نمونه برداری اثر معنی داری بر مقادیر pH و املاح شیر نداشت. ارزیابی آنالیز GC نشان داد که تزریق ازن در تمامی غلظت‌ها تغییرات معنی داری در اسیدهای چرب شیر ایجاد نکرد. مقبولیت شیر ازن زده در تمامی

- food: a review. *Journal of Food Science*. 66, 1242-52.
- [2] Lewis, M. 2010. Improving pasteurised and extended shelf-life milk. In *Improving the safety and quality of milk*. Woodhead Publishing, p: 277-301.
- [3] Holley RA, Patel D. 2005. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*. 22, 273-92.
- [4] Conte, G., Fontanelli, M., Galli, F., Cotrozzi, L., Pagni, L., Pellegrini, E. 2020. Mycotoxins in feed and food and the role of ozone in their detoxification and degradation: An update. *Toxins*. 12, 486.
- [5] Guzel-Seydim, Z.B., Greenem, A.K., Seydim, A. 2004. Use of ozone in the food industry. *LWT*. 37, 453-60.
- [6] Cavalcante, M., Leite, Júnior., B.D.C, Tribst, A., Cristianini, M. 2013. Improvement of the raw milk microbiological quality by ozone treatment. *International Food Research Journal*. 20,
- [7] Razavi, R., Esmailzadeh, R. 2020. Comparative effect of thermo sonication and conventional heat process on lipid oxidation, vitamins and microbial count of milk. *Journal of Food Research*. 30, 167-82.
- [8] Asnaashari, M., Farhoosh, R., Sharif, A. 2014. Antioxidant activity of gallic acid and methyl gallate in triacylglycerols of Kilka fish oil and its oil-in-water emulsion. *Food chemistry*. 159, 439-44.
- [9] Tavakoli, R., Karami, M., Bahramian, S., Emamifar, A. 2020. Feasibility of Preservative-free Mayonnaise Production by Ultrasonication: Evaluation of Physicochemical and Sensorial Properties of the Product During the Shelf Life. *Innovative Food Technologies*. 8,139-56.
- [10] Zhang, W., Liu, Y., Li, Z., Xu, S., Zhang, J., Hettinga, K., Zhou, P. 2021. Effects of microfiltration combined with ultrasonication on shelf life and bioactive protein of skim milk. *Ultrasonics Sonochemistry*. 77, 105668.
- [11] Iranian National Standards. 2016. Microbiology of milk and milk products – specifications and test methods. Iranian National Standards No, 2406.
- [12] Genecya, G., Setiasih, I., Andoyo, R., editors. 2020. Effect of ozonation and pasteurization on total microorganism, pH and density whole milk and skim milk during cold storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 443, 012065.
- [13] Torlak, E., Sert, D. 2013. Inactivation of Cronobacter by gaseous ozone in milk powders with different fat contents. *International Dairy Journal*. 32,121-5.
- [14] Nada, S., Ilija, D., Igor, T., Jelena, M., Ruzica, G. 2012. Implication of food safety measures on microbiological quality of raw and pasteurized milk. *Food Control*. 25, 728-31.
- [15] Dimpler, J., Huppertz, T., Kulozik, U. 2020. Invited review: Heat stability of milk and concentrated milk: Past, present, and future research objectives. *Journal of Dairy Science*. 103, 10986-1007.
- [16] Lu, M., Shiao, Y., Wong, J., Lin, R., Kravis, H., Blackmon, T., Pakzad, T., Jen, T., Cheng, A., Chang, J., Ong, E., Sarfaraz, N., Wang, N.S. 2013. Milk spoilage: Methods and practices of detecting milk quality. *Food and Nutrition Sciences*. 4, 113.
- [17] Mohammadi, H., Mazloomi, S. M., Eskandari, M. H., Aminlari, M., Niakousari, M. 2017. The effect of ozone on aflatoxin M1, oxidative stability, carotenoid content and the microbial count of milk. *Ozone: Science & Engineering*. 39, 447-53.
- [18] Wanjala, G., Mathooko, F., Kutima, P., Mathara, J. 2017. Microbiological quality and safety of raw and pasteurized milk marketed in and around Nairobi region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 17,11518-32.
- [19] Jiang, Y., Yang, X., Jin, H., Feng, X., Tian, F., Song, Y., Ren, Y., Man, C., Zhang, W. 2021. Shelf-life prediction and chemical characteristics analysis of milk formula during storage. *LWT*. 144, 111268.
- [20] Ajmal, M., Nadeem, M., Imran, M., Junaid, M. 2018. Lipid compositional changes and oxidation status of ultra-high temperature treated Milk. *Lipids in health and disease*. 17, 1-11.
- [21] Segat, A., Biasutti, M., Iacumin, L., Comi, G., Baruzzi, F., Carboni, C., Innocente, N. 2014. Use of

ozone in production chain of high moisture Mozzarella cheese. *LWT*. 55, 513-20.

[22] Khanashyam, A. C., Shanker, M. A., Kothakota, A., Mahanti, N. K., Pandiselvam, R. 2022. Ozone applications in milk and meat industry. *Ozone: Science & Engineering*. 44, 50-65.

[23] Suprpto, D., Radiati, L. E., Mahdi, C., Evanuarini, H. 2021. Physicochemical Quality and

Microbial Activity of Dairy Milk with Ozonation. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*. 16, 117-24.

[24] Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., Zhao, G. 2017. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*. 20, S316-S30.



Scientific Research

Ozonation of the pasteurized skim milk to extend the shelf life: evaluation of the chemical and microbial propertiesShemshad Akbari¹, Mohammadreza Pajohi-Alamoti^{2*}, Mostafa Karami³

1- MSc, Department of Food Hygiene and Quality Control, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- * Associate Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ABSTRACT

Today, the desire to use ozone as a strong antimicrobial compound, cost-effective, and eco-friendly innovation, has increased to increase the shelf life of food products. This study was conducted in order to evaluate the chemical and microbial properties of thermally pasteurized skim milk treated with pressurized ozone injection at concentrations of zero, 1.5, 5, and 10 ppm. The chemical, microbial and sensory characteristics of the treated milk samples were evaluated on days 0, 4, 7 and 15 of storage in the refrigerator. The total viable count (TVC) in the treated samples with ozone compared to the control had a noticeable decrease in all storage days. The highest antimicrobial effect was observed on the 15th day of storage with 10 ppm ozone and the lowest effect was observed on the 4th day with 1.5 ppm ozone. However, there was no significant difference in pH (6.8-6.88) and acidity (0.16-0.18) between treated and control samples. Although the peroxide number (PV) in the treated samples and the control samples was higher than the standard, but its reduction was evident in the treated samples compared to the control samples. Also, by comparing the sensory characteristics among the samples, no significant differences were observed. In general, treatments with 5 and 10 ppm ozone had the best efficiency in increasing the shelf life of pasteurized milk. According to the results, ozone can be used as an auxiliary method to increase the effectiveness of thermal processes in pasteurization and increase the shelf life of milk.

ARTICLE INFO**Article History:**

Received: 2023/5/5

Accepted: 2023/8/9

Keywords:ozone,
milk,
pasteurization,
shelf life.**DOI:** 10.22034/FSCT.20.142.15
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.142.2.2*Corresponding Author E-Mail:
Pajohi@basu.ac.ir