



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

افزایش کیفیت و ماندگاری پنیر سفید با استفاده از نانوذرات اکسید روی (ZnONPs) سنتز شده به روش سبز به همراه اسانس گیاه زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum* L.)

ندا اختری^۱، الهام مهدیان^{۱*}، فاطمه عروجعلیان^۲، وحید حکیمزاده^۱

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

۲- گروه فن آوری‌های نوین پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

کلمات کلیدی:

سنتز سبز،

نانوذرات اکسید روی،

اسانس زیره،

ضد میکروبی،

پنیر سفید

DOI: 10.48311/fsct.2025.83974.0.

* مسئول مکاتبات:

elham.mahdian@iaau.ac.ir

در این پژوهش، خاصیت ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی به همراه اسانس زیره سیاه (نمونه شاهد، نمونه حاوی اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی گرم، نمونه حاوی اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم، نمونه حاوی نانوذرات اکسید روی ۵ میلی گرم با اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم) بر ماندگاری پنیر سفید مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. نتایج بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر نشان داد، افزودن اسانس زیره سیاه و نانوذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته، pH و پروتئین نداشت ($p>0.05$)، اما بر میزان ماده خشک افزایش معنی‌داری نشان داد. نتایج آزمون میکروبی نمونه‌های پنیر سفید نشان داد که اثر نانوذرات اکسید روی به همراه اسانس زیره سیاه بر کاهش جمعیت شمارش مخمرکاندیدا آلیکینس، استافیلوکوکوس و اشرشیاکلی بیشتر از اسانس زیره سیاه به تنهایی بود. نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد، کمترین و بیشترین میزان IC_{50} به ترتیب مربوط به نمونه پنیر حاوی نانوذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم و نمونه شاهد بود. نتایج بافت‌سنجی نشان داد، که با افزایش درصد اسانس زیره سیاه و به همراه نانوذرات اکسید روی سختی و چسبندگی بافت به ترتیب افزایش و کاهش یافت اما تاثیر معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p>0.05$). در آزمون رنگ‌سنجی، شاخص L^* و b^* نمونه‌های حاوی نانوذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه نسبت به نمونه شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$) اما میزان شاخص a^* افزایش پیدا کرد ($p<0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد، افزودن نانوذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم باعث بهبود پذیرش کلی نمونه پنیر شد ($p<0.05$).

۱- مقدمه

امروزه، با توجه به عوارض جانبی و معایب ترکیبات نگهدارنده شیمیایی، استفاده از گیاهان دارویی و ترکیبات طبیعی به عنوان جایگزینی مناسب برای حفظ مواد غذایی و تولید مواد ضدعفونی کننده و ضد میکروبی، که فاقد محصولات جانبی مضر باشند، به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته است [۱]. در همین راستا، بسیاری از نانوذرات نیز به روش های شیمیایی یا فیزیکی تولید می شوند، اما به دلیل استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و سمی و آسیب های زیست محیطی حاصل از آنها، نگرانی های زیادی را ایجاد کرده است [۲]. برای تولید نانوذرات، روش های متنوعی وجود دارد که از جمله آنها می توان به روش های شیمیایی، سونوشیمیایی، الکتروشیمیایی، سنتز با استفاده از امواج مایکروویو و سنتز سبز اشاره کرد [۳]. روش سنتز سبز نانوذرات اکسید روی دارای مزیت بیشتری نسبت به دیگر فرآیندهای فیزیکی است زیرا از فرآیندهای زیستی الهام گرفته و نسبتاً ارزان، دوستدار محیط زیست و تجدیدپذیر است و همچنین دارای کاربردهای دارویی و زیست پزشکی می باشد و می تواند به راحتی برای سنتز در مقیاس بزرگ به کار برده شود از همه مهمتر چنین فرآیندهایی را می توان در فشار معمولی و درجه حرارت نسبتاً کم انجام داد [۴]. زیره سیاه ایرانی با نام علمی *Bunium Persicum* L. گیاهی از تیره کرفس (چتریان) می باشد و از شاخه گیاهان گلدار، رده دولپه ای، زیر رده Rosidae، راسته Apiales است. خانواده چتریان دارای ۴۲۳ جنس و ۳۰۰۰ گونه است [۵]. پنیر از جمله مواد غذایی است که پروتئین آن مرغوب بوده و از نظر دارا بودن اسیدهای آمینه ضروری بسیار غنی می باشد. پنیر سفید ایرانی نوعی پنیر آب نمکی بوده که از شیر گاو بدون نمک زنی خشک لخته تهیه شده و دوره رسیدن آن ۴۰-۹۰ روز در آب نمک می باشند. [۶]. رفیعی و همکاران (۱۳۹۷)، گزارش کردند که نانوذرات سنتز شده اکسید روی و عصاره برگ گیاه اکالیپتوس و همچنین سولفات روی دارای خاصیت ضد میکروبی می باشند، اما بیشترین اثرات ضد میکروبی توسط نانوذرات اکسید روی مشاهده شد [۷]. رجاوات و قریشی (۲۰۱۲)، در پژوهشی با استفاده از عصاره

چای، نانوذرات نقره را سنتز کردند. نتایج نشان داد که فعالیت ضد میکروبی ترکیب نانوذرات نقره با آنتی بیوتیک آمپی سیلین بیشتر از ترکیب آن با جنتامایسین بوده است [۸]. خدادادی و همکاران (۱۳۹۴)، بیان کردند که شکل و اندازه نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره آبی میوه گیاه قره قاط، به شدت تحت تأثیر پارامترهایی مانند غلظت عصاره گیاه، غلظت نیترات نقره، زمان واکنش و حضور نور قرار دارد. همچنین، نانوذرات نقره تولید شده اثر ضد میکروبی قابل توجهی در برابر باکتری های گرم منفی و گرم مثبت از خود نشان دادند [۹]. حمدی و همکاران (۱۴۰۲)، نشان دادند که نانوذرات نقره بیوسنتز شده با استفاده از عصاره گونه *Ephedra intermedia* تأثیر بیشتری در مهار رشد باکتری ها نسبت به نانوذرات تجاری دارند. بنابراین، این نانوذرات می توانند به عنوان جایگزینی مناسب در کاربردهای دارویی، پزشکی و تولید ضد عفونی کننده ها مورد استفاده قرار گیرند [۱۰]. سوسنی و همکاران (۱۴۰۰)، فعالیت ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی سنتز شده با استفاده از عصاره بدون سلول *Rhodotorula pacifica* NSO2 را علیه برخی جدایه های بالینی بررسی کردند. نتایج نشان داد که به دلیل کوچک بودن اندازه نانوذرات و توزیع یکنواخت آنها، اثر مهاری مطلوبی علیه تمامی جدایه های باکتریایی مورد آزمایش مشاهده شد [۱۱]. حیدرزاده و یعقوبی (۱۳۹۶)، اثرات ضد میکروبی نانوذرات نقره تولید شده با استفاده از عصاره بهار نارنج را بررسی کردند. نتایج نشان داد که عصاره بهار نارنج توانایی احیای یون نقره به نانوذرات نقره را دارد. علاوه بر این، نانوذرات نقره سنتز شده به روش سبز، فعالیت ضد میکروبی مناسبی علیه باکتری های گرم مثبت و گرم منفی از خود نشان دادند [۱۲].

یکی از مشکلات عمده ای که امروزه در صنعت غذا مطرح است، استفاده روزافزون از نگهدارنده های شیمیایی در مواد غذایی است. این مواد ارتباط مستقیمی با شیوع بیماری های خطرناکی مانند سرطان دارند. از این رو، یافتن راه هایی برای حذف یا حداقل کاهش دوز مصرفی این نگهدارنده های شیمیایی در مواد غذایی، بدون کاهش کیفیت آنها، اهمیت

نانو ذرات اکسید روی به روش سنتز سبز با استفاده از نیترات روی ۶ آبه، سود ۲ مولار، آب مقطر و اسانس زیره سیاه به عنوان مواد پیش ماده، سنتز شد. در ابتدا ۱۰ میلی لیتر اسانس زیره سیاه به همراه نیترات روی ۶ آبه درون بالن مخلوط گردید. سپس ۱۸ میلی لیتر سود (۲ مولار) به آرامی اضافه شد. محفظه بالن به طور کامل بسته شد و به مدت ۳ ساعت تحت دمای ۸۰ درجه سانتی گراد همزده شد. پس از ۳ ساعت رنگ محلول از قهوه‌ای روشن به کرم رنگ تغییر پیدا کرد و سپس محلول را با اتانول : آب مقطر (۳:۱) چند مرتبه توسط قیف بوختر شستشو داده شد. رسوب حاصل به مدت ۲۰ ساعت درون آون ۸۰ درجه سانتی گراد نگه داشته شد تا خشک شود. سپس به مدت ۳ ساعت درون کوره ۵۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا ناخالصی ها کاملاً حذف شود و پودر سفید نانو ذره اکسید روی به دست بیاید [۱۵].

۲-۲-۵- تهیه پنیر

برای تهیه پنیر، شیر تازه و کامل گاو که در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه شده بود، استفاده گردید. قبل از شروع انجام مراحل مختلف پنی‌سازی دمای شیر را به ۳۵ درجه سانتی گراد رسانده، سپس میزان تلقیح باکتریایی مورد نظر 10^3 باکتری به شیر اضافه شد. مقدار $0/02$ درصد وزن به حجم از کلرید کلسیم که در ۲۰ میلی لیتر آب مقطر استریل در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد حل شده بود، به طور یکنواخت به شیر اضافه شد و در همین زمان اسانس زیره سیاه و نانو اکسید روی به همراه اسانس زیره سیاه بصورت جداگانه مطابق با جدول ۱، اضافه گردید. نهایتاً آنزیم (قرص مایه پنیر آنزیم تهیه شده از شرکت IIEC به مقدار $0/001$ درصد (وزن به حجم) پس از حل نمودن آن در آب مقطر استریل به شیر افزوده شد و ظرف‌های حاوی پنیر مطابق با جدول ۱، زیر نامگذاری شدند.

زیادی دارد. هدف از این پژوهش، استفاده از نانو ذرات اکسید روی (ZnONPs) سنتز شده به روش سبز به همراه اسانس گیاه زیره سیاه ایرانی (*B. Persicum L.*) و ارزیابی اثرات آنها در افزایش کیفیت و ماندگاری پنیر سفید ایرانی می-باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (PTCC 1431)، باکتری اشریشیاکلی (PTCC 1399) و مخمر کاندیدا آلیکنس (PTCC 5027) تهیه شدند. بذر گیاه زیره سیاه ایرانی (*Bunium persicum L.*)، از شهرستان بجنورد تهیه و توسط بخش گیاه‌شناسی مرکز جهاد کشاورزی منابع طبیعی استان خراسان شمالی مورد تایید قرار گرفت. کلیه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۲- استخراج اسانس بذر گیاه زیره سیاه ایرانی

استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام گرفت [۱۳].

۲-۲-۳- شناسایی ترکیبات موجود در اسانس زیره سیاه ایرانی

برای آنالیز و شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه کروماتوگراف کویل شده با طیف‌سنج (شرکت Thermoquest-Finnigan مدل Trace) مجهز به ستون DB به طول ۶۰ سانتی متر و قطر داخلی $0/25$ میلی متر و ضخامت لایه نازک $0/25$ میکرومتر استفاده شد. همچنین از نرم افزار Nist version 1.7 و Wiley version 7 برای شناسایی ترکیبات و جستجوی کتابخانه معتبر مورد استفاده قرار گرفتند [۱۴].

۲-۲-۴- تهیه نانو ذرات اکسید روی (ZnONPs) به همراه

اسانس زیره سیاه

Table 1. Test treatments

No	Treatments
1	Control
2	Sample containing 50 mg of <i>B. persicum</i> L. essential oil
3	Sample containing 100 mg of <i>B. persicum</i> L. essential oil
4	Sample containing 5 mg of zinc oxide nanoparticles with 50 mg of <i>B. persicum</i> L. essential oil
5	sample containing 5 mg of zinc oxide nanoparticle with 100 mg of <i>B. persicum</i> L. essential oil

۲-۳-آزمون‌های پنیر

۲-۳-۱-آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پنیر

میزان اسیدیته و pH، چربی، پروتئین ماده خشک به ترتیب براساس استاندارد ملی شماره ۲۸۵۲، ۸۷۸۵، ۹۱۸۸-۱ و ۱۷۵۳ اندازه‌گیری شد [۱۶-۱۹].

۲-۳-۲-بررسی اثر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی

حاوی اسانس زیره سیاه در پنیر

اثر اسانس و نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر بر ماندگاری پنیر مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای تهیه شده مطابق با جدول ۱، در بازه زمانی ۷ روزه تحت آزمایشات میکروبی بر اساس روش استاندارد ملی ایران برای پنیر قرار گرفت. شناسایی باکتری‌های /استافیلوکوکوس/ اورئوس و /شرشیاکلی و مخمر کاندیدا/ آلبیکنس به ترتیب مطابق با استانداردهای شماره ۱-۶۸۰۶، ۲۹۴۶ و ۱-۱۰۸۹۹ انجام شد [۲۰-۲۲].

۲-۳-۳-بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پنیر

حاوی نانو ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه

فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی به همراه اسانس زیره سیاه به روش فعالیت به دام-اندازی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید [۲۳].

۲-۳-۴-اندازه‌گیری پارامترهای بافتی

ارزیابی ویژگی‌های بافتی توسط از دستگاه آنالیز کننده^۱ بافت (مدل QTS25 CNS Farnell) ساخت کشور انگلستان، مجهز به نرم‌افزار کامپیوتری استفاده شد. ویژگی‌های بافتی مورد

بررسی که از منحنی نیرو- تغییر شکل بدست آمدند. بیشترین نیروی فشاری طی نفوذ (g) به عنوان سختی^۲ و سطح منفی منحنی نیرو-زمانی برگشت پروب به عنوان چسبندگی^۳ (g.s) در نظر گرفته شد [۲۴].

۲-۳-۵-تعیین پارامترهای رنگی

برای سنجش رنگ از دستگاه رنگ‌سنج هانترب^۴ (مدل Colorflex، آلمان) استفاده گردید و شاخص رنگی L* (روشنایی)، a* (سبزی-قرمزی) و b* (آبی زردی) تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری پارامترهای رنگی نمونه‌های پنیر از هر فرمولاسیون پنیر سه قطعه به طور تصادفی انتخاب شد و تصاویر با استفاده از عکس‌برداری و تصاویر با فرمت JPG ذخیره گردیدند. سایر مراحل پردازش تصویر با نرم‌افزار Image J 1.40g انجام شد [۲۵].

۲-۳-۶-ارزیابی حسی

پس از آموزش‌های مقدماتی، تعداد ۲۰ نفر به عنوان ارزیاب انتخاب شد و با استفاده از روش هدونیک^۵ ۵ نقطه‌ای نمونه-های پنیر تولید شده را از لحاظ طعم، رنگ، بافت، عطر و پذیرش کلی ارزیابی کردند. به این ترتیب که بیشترین نمره یعنی ۵ به منزله عالی بودن نمونه و ۱ کمترین نمره که نشان-دهنده خیلی بد بودن نمونه است [۲۳].

۲-۳-۷-تجزیه و تحلیل داده‌ها

تمامی آنالیزها با سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام

4- Hunterlab

5 -Hedonic test

1- Texture Analyzer

2 -Hardness

3 -Adhesiveness

تشکیل دهنده اسانس زیره سیاه؛ پارا سایمن^۶ (۱۷/۱۷ درصد)، گاما-ترپاین^۷ (۱۵/۱۴ درصد)، کومیک آلدهید^۸ (۲۵/۷۸ درصد)، آنتول^۹ (۸/۶۷ درصد)، آنیسول ترانس آنتول^{۱۰} (۵/۲۷ درصد)، تیمول^{۱۱} (۱۱/۲۳ درصد)، کارواکرول^{۱۲} (۱/۷۰ درصد)، لیمونن^{۱۳} (۱/۱۹ درصد) می باشد. تاکایوکی و همکاران (۲۰۰۷)، اثرات ضد قارچی ترکیبات فرار زیره سیاه بر روی قارچ فوزاریوم/وکسی پوروم بررسی کردند. نتایج نشان داد که اسانس زیره سیاه شامل ۷ ترکیب فرار با نام های گاما ترپاین، لیمونن، پی سایمن، بتا پاین، آلفا پاین، کامین آلدهید و میرسن است که کامین آلدهید ترکیب اصلی ضد قارچ زیره سیاه می باشد [۲۶].

شد. همچنین برای ترسیم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج مربوط به آنالیز شیمیایی اسانس زیره سیاه به وسیله GC/MS

بازده متوسط تولید اسانس گیاه زیره سیاه در سه تکرار تقریباً $2/81 \pm 0/02$ درصد بود. اسانس رنگ زرد کهربایی و بویی کاملاً مشخص داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که اسانس زیره سیاه ۲۲ ترکیب دارد که در مجموع ۹۴/۹۳ درصد کل اسانس را تشکیل می دهند (جدول ۲). از بین ترکیبات

Table 2. Determination of components and elements of *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. essential oil by GC/MS

No	Chemical compound	Composition percentage	RI
1	Alpha.-Pinene	0.51	939
2	Beta.-Pinene	0.40	981
3	Beta.-Myrcene	0.40	991
4	Para cymene	17.17	1033
5	Limonene	1.19	1039
6	Gamma.-terpinene	15.14	1051
7	Alpha.-Thujone	0.31	1102
8	Pulegone	0.49	1237
9	Benzene	0.88	642
10	Cuminic aldehyde	25.78	1239
11	Anethol	8.67	*
12	Anisole Trans-anethole	5.27	917
13	Thymol	11.33	1290
14	Karvakrol	1.70	1298
15	Thiophene	0.37	*
16	Benzenemethanol	1.06	*
17	Beta.-F0.arnesene	0.47	1429
18	Cycloheptane	1.29	627
19	Croweacin	1.05	*
20	Caryophyllene oxide	0.54	1581
21	Dill-apiol	0.53	1622
22	Propenoic acid	0.38	*
Total		94.93	

نتایج اسیدیته، pH، پروتئین و ماده خشک نمونه های پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه در جدول

۳-۲- نتایج آزمون های پنیر

۳-۲-۱- بررسی خواص فیزیکوشیمیایی نمونه های پنیر

10- AnisoleTrans-anethole

11 -Thymol

12 -Karvakrol

13 -Limonene

6- Para cymene

7 -Gamma.-terpinene

8 -Cuminic aldehyde

9 -Anethol

پروتئین‌های شیر تعامل کنند. اسانس زیره نیز با دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و خواص ضد میکروبی، از تخریب بافت و رشد میکروارگانیسم‌های مضر جلوگیری می‌کند. این ترکیب به کاهش رطوبت آزاد، تقویت شبکه پروتئینی، کاهش خروج آب از بافت پنیر و در نهایت افزایش غلظت و بهبود نگهداری مواد جامد کمک می‌کند [۲۷]. مومنی سروستانی و لشکری (۱۳۹۷)، بیان کردند افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین و ماده خشک نداشت ($p>0.05$) [۲۳].

۳، آورده شده است. همان‌گونه در جدول ۳، مشاهده می‌شود، افزودن اسانس زیره سیاه و نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته، pH و پروتئین نداشت ($p>0.05$)، اما بر میزان ماده خشک افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<0.05$). کمترین و بیشترین میزان ماده خشک به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم بود. نانو ذرات اکسید روی، به دلیل ساختار سطحی ویژه، قادرند با مولکول‌های آب و

Table 3- Investigation of the physicochemical properties of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

Treatments	Acidity	pH	Protein	Dry matter
Control cheese	1.02 ± 0.03 ^a	4.49 ± 0.05 ^a	13.12 ± 0.02 ^a	36.27 ± 0.04 ^d
Cheese containing 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	1.12 ± 0.04 ^a	4.57 ± 0.03 ^a	13.20 ± 0.04 ^a	37.17 ± 0.03 ^e
Cheese containing 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	1.19 ± 0.02 ^a	4.62 ± 0.04 ^a	13.24 ± 0.07 ^a	38.14 ± 0.05 ^c
Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	1.28 ± 0.05 ^a	4.32 ± 0.03 ^a	13.39 ± 0.04 ^a	39.87 ± 0.06 ^b
Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	1.31 ± 0.07 ^a	4.30 ± 0.02 ^a	13.43 ± 0.07 ^a	42.92 ± 0.04 ^a

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p\leq 0.05$ by Duncan test.

نتایج آماری شمارش باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌های پنیر در جدول ۴، آورده شده است.

۳-۲-۲- بررسی اثر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر در طی زمان نگهداری
۳-۲-۱- بررسی شمارش باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌های پنیر

Table 4-Investigation of counting of *Staphylococcus aureus* bacteria (log of colony forming unit/gr) of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

Storage time	Control cheese	Cheese containing 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil
production day	0.00 ± 0.00 ^{Aa}	0.00 ± 0.00 ^{Bh}	0.00 ± 0.00 ^{Bh}	0.00 ± 0.00 ^{Ce}	0.00 ± 0.00 ^{Ce}
Day 1	2.98 ± 0.02 ^{Ag}	1.31 ± 0.04 ^{Bg}	1.11 ± 0.03 ^{Cg}	0.00 ± 0.00 ^{De}	0.00 ± 0.00 ^{De}
Day 2	3.87 ± 0.03 ^{Af}	2.27 ± 0.05 ^{Bf}	1.95 ± 0.02 ^{Cf}	0.00 ± 0.00 ^{De}	0.00 ± 0.00 ^{De}
Day 3	4.21 ± 0.04 ^{Ac}	3.11 ± 0.02 ^{Bc}	2.93 ± 0.07 ^{Cc}	0.00 ± 0.00 ^{De}	0.00 ± 0.00 ^{De}
Day 4	5.16 ± 0.03 ^{Ad}	3.48 ± 0.03 ^{Bd}	3.16 ± 0.06 ^{Cd}	2.12 ± 0.08 ^{Da}	1.92 ± 0.04 ^{Ea}
Day 5	5.71 ± 0.09 ^{Ac}	4.27 ± 0.06 ^{Bc}	3.98 ± 0.05 ^{Cc}	1.39 ± 0.04 ^{Db}	1.57 ± 0.02 ^{Eb}
Day 6	6.96 ± 0.02 ^{Ab}	4.37 ± 0.04 ^{Bb}	4.11 ± 0.07 ^{Cb}	1.12 ± 0.03 ^{Dc}	1.31 ± 0.03 ^{Ec}
Day 7	8.18 ± 0.07 ^{Aa}	4.82 ± 0.03 ^{Ba}	4.68 ± 0.02 ^{Ca}	0.98 ± 0.06 ^{Cd}	0.86 ± 0.06 ^{Ed}

*Mean ± standard deviation

**Large non-common letters indicate the presence of significant differences in each row, and small non-common letters indicate the presence of differences in each column (Duncan's test, $P < 0.05$).

باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* از سیر صعودی معنی - داری در تمامی زمان‌ها داشته ($p<0.05$) و در نمونه حاوی

همان‌گونه که در جدول ۴، مشاهده می‌شود، در نمونه شاهد و نمونه حاوی اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم تعداد

ماندگاری نسبت داد. همان‌گونه در جدول ۴، مشاهده می‌شود، نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم نسبت به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی‌گرم افزایش معنی‌داری در مهار رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* دارد ($p < 0.05$). مقتدر و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهش خود نشان دادند که اسانس زیره سیاه دارای اثرات ضدباکتریایی قابل‌توجهی است. این اثرات عمدتاً به حضور مقادیر بالای ترکیبات ترپاین و کامین‌آلدهید نسبت داده می‌شود [۲۸].

۳-۲-۲-۲-۲ بررسی شمارش باکتری‌های *اشرشیاکلی* نمونه‌های پنیر

نتایج آماری شمارش باکتری‌های *اشرشیاکلی* در نمونه‌های پنیر در جدول ۵، آورده شده است.

پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی‌گرم و نمونه حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم کاهش تعداد باکتری رشد یافته در تمامی مدت زمان مورد بررسی در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید و بیشترین تاثیر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی در مهار از رشد باکتری در ۷۲ ساعت مشاهده شد، ولی به مرور زمان این خاصیت ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی کاهش پیدا کرده و تعداد باکتری رشد یافته، افزایش معنی‌داری پیدا کرد ($p < 0.05$). در خصوص اثر نانو ذرات اکسید روی، میزان باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* در ۷۲ ساعت اول افزایش باکتری‌ها را داشتیم ولی روندی کاهش معنی‌داری باکتری‌ها را از روز پنجم تا هفتم داشتیم ($p < 0.05$). این نتیجه را می‌توان به رهائش تدریجی ترکیبات ضد میکروبی از نانو ذرات اکسید روی همراه اسانس زیره سیاه در طی مدت

Table 5-Investigation of counting of *Escherichia coli* bacteria (log of colony forming unit/gr) of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

Storage time	Control cheese	Cheese containing 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil
production day	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ag}	0.00 ± 0.00 ^{Ag}
Day 1	3.11 ± 0.04 ^{Ag}	1.48 ± 0.02 ^{Bg}	1.37 ± 0.04 ^{Cg}	0.00 ± 0.00 ^{Dg}	0.00 ± 0.00 ^{Dg}
Day 2	3.98 ± 0.07 ^{Af}	3.58 ± 0.03 ^{Bf}	3.31 ± 0.07 ^{Cf}	2.97 ± 0.09 ^{Da}	2.47 ± 0.09 ^{Ea}
Day 3	4.67 ± 0.02 ^{Ae}	3.29 ± 0.07 ^{Be}	2.99 ± 0.06 ^{Ce}	2.54 ± 0.04 ^{Db}	2.17 ± 0.04 ^{Eb}
Day 4	5.58 ± 0.07 ^{Ad}	3.97 ± 0.04 ^{Bd}	3.67 ± 0.03 ^{Cd}	2.34 ± 0.08 ^{De}	2.04 ± 0.08 ^{Ec}
Day 5	6.97 ± 0.03 ^{Ac}	4.57 ± 0.03 ^{Bc}	4.25 ± 0.06 ^{Cc}	1.72 ± 0.06 ^{Dd}	1.97 ± 0.06 ^{Ed}
Day 6	7.53 ± 0.06 ^{Ab}	5.19 ± 0.07 ^{Bb}	4.94 ± 0.04 ^{Cb}	1.57 ± 0.08 ^{De}	1.37 ± 0.08 ^{Ec}
Day 7	8.84 ± 0.02 ^{Aa}	5.57 ± 0.03 ^{Ba}	5.27 ± 0.07 ^{Ca}	1.25 ± 0.03 ^{Df}	1.04 ± 0.03 ^{Ef}

*Mean ± standard deviation

**Large non-common letters indicate the presence of significant differences in each row, and small non-common letters indicate the presence of differences in each column (Duncan's test, $P < 0.05$).

گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم کاهش تعداد باکتری رشد یافته در تمامی مدت زمان مورد بررسی در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید و بیشترین تاثیر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی در مهار از رشد باکتری در ۲۴ ساعت مشاهده شد، ولی به مرور زمان این خاصیت ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی کاهش پیدا کرده و تعداد باکتری رشد یافته، افزایش معنی‌داری پیدا کرد ($p < 0.05$). در

همان‌گونه که در جدول ۵، مشاهده می‌شود، در نمونه پنیر شاهد و نمونه پنیر حاوی اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم تعداد باکتری‌ها *اشرشیاکلی* از سیر صعودی معنی‌داری در تمامی زمان‌ها داشته ($p < 0.05$) و در نمونه حاوی پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی‌گرم و نمونه حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌

نتایج آماری شمارش مخمر *کاندیدا آلبیکنس* در نمونه‌های پنیر در جدول ۶، آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۶، مشاهده می‌شود، در نمونه شاهد و نمونه حاوی اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم تعداد مخمر *کاندیدا آلبیکنس* از سیر صعودی معنی‌داری در تمامی زمان‌ها داشته ($p < 0.05$) و در نمونه حاوی پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی گرم و نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) در تعداد مخمر رشد یافته در تمامی مدت زمان مورد بررسی در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید و بیشترین تاثیر ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی در مهار از رشد باکتری در ۹۶ ساعت مشاهده شد، ولی به مرور زمان این خاصیت ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی کاهش پیدا کرده و تعداد باکتری رشد یافته، افزایش معنی‌داری پیدا کرد ($p < 0.05$).

خصوص اثر نانو ذرات اکسید روی، میزان باکتری‌های /شرشیاکلی در ۲۴ ساعت اول افزایش باکتری‌ها را داشتیم ولی روندی کاهش معنی‌داری باکتری‌ها را از روز دوم تا هفتم داشتیم ($p < 0.05$). این نتیجه را می‌توان به رهائش تدریجی ترکیبات ضد میکروبی از نانو ذرات اکسید همراه اسانس زیره سیاه روی در طی مدت ماندگاری نسبت داد. همان‌گونه که در جدول ۵، مشاهده می‌شود، نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم نسبت به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی گرم افزایش معنی‌داری در مهار رشد باکتری /شرشیاکلی داشت ($p < 0.05$). باکتری /شرشیاکلی موجب باد کردگی زود هنگام در پنیر سفید ایرانی می‌شود که مبین شرایط غیر بهداشتی در تولید پنیر است، ضمن اینکه /شرشیاکلی شاخص بهداشتی در بسیاری از غذاها از جمله فرآورده‌های شیر می‌باشد [۲۹].

۳-۲-۲-۳- بررسی شمارش مخمر *کاندیدا آلبیکنس*

نمونه‌های پنیر

Table 6- Investigation of counting of *Candida albicans* yeast bacteria (log of colony forming unit/gr) of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

Storage time	Control cheese	Cheese containing 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil
production day	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ah}	0.00 ± 0.00 ^{Ad}	0.00 ± 0.00 ^{Ad}
Day 1	1.24 ± 0.07 ^{Ag}	1.05 ± 0.04 ^{Bg}	0.95 ± 0.02 ^{Cg}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}
Day 2	2.37 ± 0.06 ^{Af}	1.68 ± 0.02 ^{Bf}	1.15 ± 0.07 ^{Cf}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}
Day 3	3.57 ± 0.03 ^{Ae}	1.97 ± 0.04 ^{Be}	1.87 ± 0.07 ^{Ce}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}
Day 4	4.36 ± 0.06 ^{Ad}	2.48 ± 0.06 ^{Bd}	2.24 ± 0.08 ^{Cd}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}	0.00 ± 0.00 ^{Dd}
Day 5	4.95 ± 0.07 ^{Ac}	2.91 ± 0.03 ^{Bc}	2.75 ± 0.05 ^{Cc}	1.22 ± 0.02 ^{Da}	1.02 ± 0.04 ^{Ea}
Day 6	5.37 ± 0.06 ^{Ab}	3.48 ± 0.02 ^{Bb}	3.24 ± 0.03 ^{Cb}	1.01 ± 0.06 ^{Db}	0.84 ± 0.02 ^{Eb}
Day 7	6.21 ± 0.07 ^{Aa}	3.95 ± 0.05 ^{Ba}	3.78 ± 0.04 ^{Ca}	0.88 ± 0.02 ^{Dc}	0.67 ± 0.03 ^{Ec}

*Mean ± standard deviation

**Large non-common letters indicate the presence of significant differences in each row, and small non-common letters indicate the presence of differences in each column (Duncan's test, $P < 0.05$).

تا هفتم داشتیم ($p < 0.05$). این نتیجه را می‌توان به رهائش

تدریجی ترکیبات ضد میکروبی از نانو ذرات اکسید روی همراه اسانس زیره سیاه در طی مدت ماندگاری نسبت داد. همان‌گونه که در جدول ۶، مشاهده می‌شود، نمونه پنیر حاوی

در خصوص اثر نانو ذرات اکسید روی، میزان مخمرهای *کاندیدا آلبیکنس* در ۹۶ ساعت اول افزایش مخمرها را داشتیم ولی روندی کاهش معنی‌داری مخمرها را از روز پنجم

آوردیم. در مطالعه‌ای دیگر به بررسی تاثیر اسانس زیره سیاه بر پاتوژن‌های درون پنیر گودا از جمله مخمر پرداختند و نشان دادند که در غلظت ۰/۴ درصد تعداد مخمرها در روز ۹۰، ۳/۴ لوگ بوده که کاهش ۲ لوگی را نسبت به نمونه شاهد نشان داده است [۳۲].

۳-۲-۳- بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پنیر

حاوی نانو ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH) در نمونه‌های پنیر بصورت IC_{50} نشان داده شد (شکل ۱). مقادیر IC_{50} پایین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر این بود که با افزودن نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH) به طور معنی‌دار افزایش یافته است ($p < 0.05$). همان‌گونه در شکل ۱، مشاهده می‌شود، کمترین و بیشترین میزان IC_{50} به ترتیب مربوط به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم و نمونه شاهد بود (شکل ۱). میزان IC_{50} نمونه شاهد، پنیر حاوی اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی‌گرم، پنیر حاوی اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم، پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم و پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم به ترتیب 19.34 ± 1.08 ، 24.28 ± 1.23 ، 15.32 ± 1.57 و 6.32 ± 1.19 میکروگرم بر میلی‌لیتر بودند.

نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم نسبت به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۵۰ میلی‌گرم افزایش معنی‌داری در مهار رشد مخمر *Candida albicans* داشت ($p < 0.05$). علت حساسیت بیشتر باکتری‌های گرم مثبت نسبت به ترکیبات آنتی‌باکتریایی ممکن است ناشی از وجود تفاوت در دیواره سلولی آنها با این دیواره در باکتری‌های گرم منفی باشد، به این صورت که باکتری‌های گرم مثبت در دیواره خود تنها یک لایه دارند، در حالی که در باکتری‌های گرم منفی این دیواره از چند لایه تشکیل شده که نسبت به نفوذ مواد خارجی از خود مقاومت نشان می‌دهند [۳۰]. یوسف و همکاران (۲۰۱۶)، بیوکامپوزیت‌های شامل نانو ذرات اکسید روی فعالیت ضدباکتریایی خوبی در برابر باکتری‌های گرم مثبت (*Staphylococcus aureus*، *Escherichia coli*)، گرم منفی (*Serratia marcescens*)، *Shigella flexneri*، *Shigella sonnei* و قارچ (*Candida albicans*) نشان دادند. علاوه بر این، فیلم‌های بسته‌بندی به افزایش عمر ماندگاری پنیر نرم سفید کمک کردند، بنابراین می‌توان از آن در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد و نشان دادند که نانوذرات روی بر روی عدم رشد پاتوژن‌ها به صورت $E.c < B.s < B.c < C.a$ و با افزایش درصد نانو ذرات اکسید روی در کامپوزیت‌ها اثر گذاری آنها بر هاله عدم شد بیشتر بوده است [۳۱]. نتایج این پژوهش حاضر با نتیجه عنوان شده مطابقت دارد، ما نیز میزان کاهش کلنی‌های میکرواورگانیزم‌ها را به صورت $E.c < S.a < C.a$ به دست

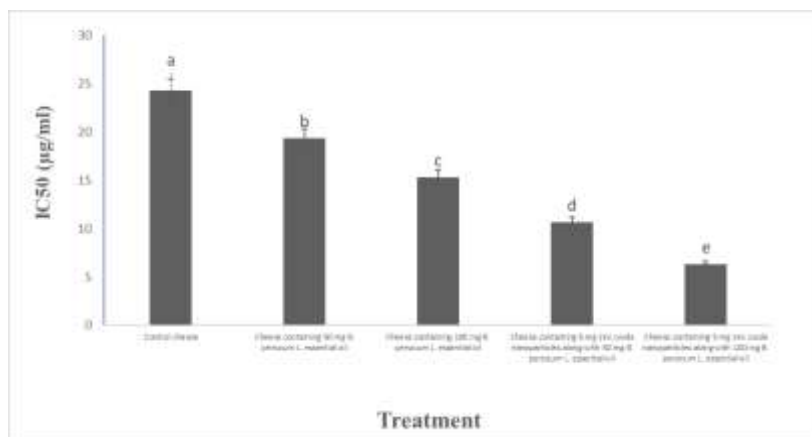


Figure 1- Investigating the antioxidant property of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

۳-۲-۴- ویژگی های بافتی نمونه های پنیر حاوی نانو

ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه

نتایج بررسی سختی بافت نمونه های پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه در شکل ۲، آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش درصد اسانس زیره سیاه و به همراه نانو ذرات اکسید روی، سختی بافت افزایش یافت اما تاثیر معنی داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$).

کاربرد اسانس موجب افزایش معنی دار درصد بازدارندگی DPPH در پنیر گردید که دلیل آن وجود مقادیر بالای ترکیبات فنلی مانند تیمول و کارواکرول می باشد که دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی است. الخولی و همکاران (۲۰۱۷)، بیان نمودند که افزودن اسانس آویشن به پنیر UF موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گردید [۳۳].

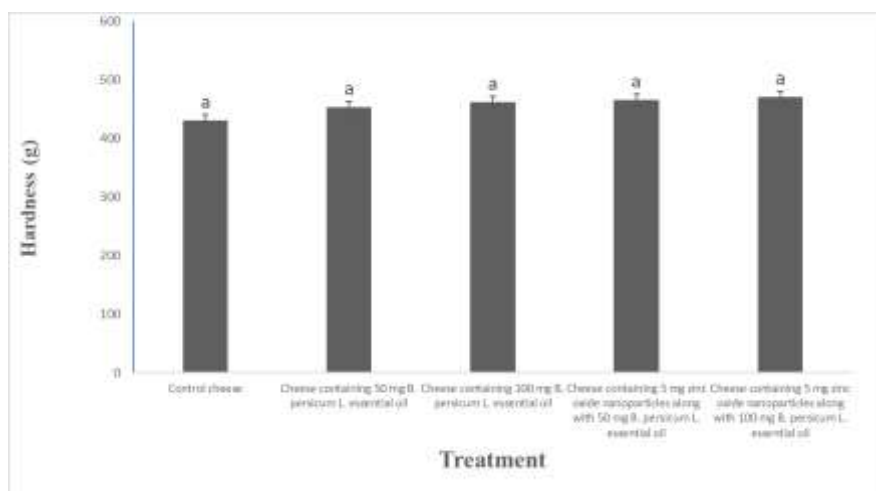


Figure 2- The hardness changes of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

اسانس زیره سیاه به پنیر در شکل ۳، آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش درصد اسانس زیره سیاه و به همراه نانو ذرات اکسید روی، چسبندگی بافت کاهش یافت اما تاثیر معنی داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$).

الخولی و همکاران (۲۰۱۷)، بیان نمودند که افزودن اسانس آویشن به پنیر UF موجب کاهش سختی بافت گردید [۳۳]. نتایج بررسی چسبندگی بافت نانو ذرات اکسید روی حاوی

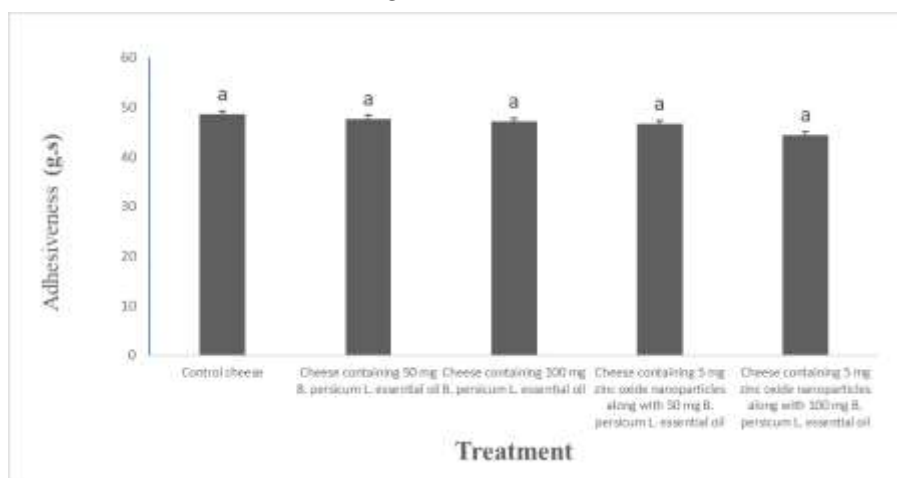


Figure 3- The Adhesiveness changes of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

شده است. همان‌گونه در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، شاخص L^* و b^* نمونه نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه نسبت به نمونه شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$) اما میزان شاخص a^* افزایش پیدا کرد ($p < 0.05$). کمترین و بیشترین میزان شاخص L^* و b^* به ترتیب مربوط به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم و نمونه شاهد بود (شکل ۴ و ۵). کمترین و بیشترین میزان شاخص a^* به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی‌گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی‌گرم بود (شکل ۶).

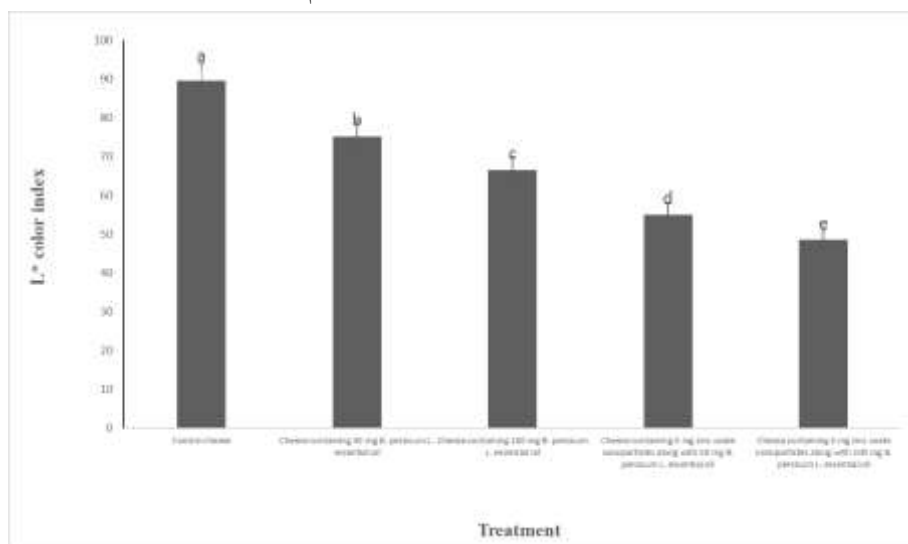


Figure 4- Evaluation of the L^* color index of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

پسندی فرآورده‌ها و پذیرش مصرف‌کننده تاثیر گذارند، حتی با وجود اینکه غذاهای عملگرا به عنوان غذاهای سلامتی‌زا شناخته شده‌اند، بدون جاذبه‌ی بصری برای مصرف‌کنندگان نمی‌توانند بازار پسندی مناسبی داشته باشند. بنابراین رنگ فرآورده‌ی غنی شده باید در طول تولید و نگهداری بدون تغییر باقی بماند [۳۷].

چسبندگی نشان‌دهنده قابلیت جریان یا حالت مایع مواد می‌باشد. به عبارت دیگر، چسبندگی نشان‌دهنده تاثیر ریز ساختار بر خصوصیات ماکروسکوپی می‌باشد که بعنوان کار مورد نیاز جهت غلبه بر نیروهای جذب بین سطوح محصول غذایی و سطوح در تماس با آن تعریف می‌شود. این پارامتر یکی از مهمترین خصوصیات پنیر می‌باشد [۳۴].

۳-۲-۵- نتایج رنگ‌سنجی نمونه‌های پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی و اسانس زیره سیاه

اثر نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر بر ویژگی‌های رنگ نمونه‌های پنیر در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ آورده

a^* ، b^* و L^* مشخصه‌های کیفی رنگ هستند که با توجه به این ابعاد رنگ معمولاً به صورت مایل به سبز، مایل به قرمز و ... تعریف می‌شود [۳۵]. پارامتر a^* نشان‌دهنده تغییر رنگ از قرمز (مقادیر مثبت) به سبز (مقادیر منفی)، شاخص b^* نشان‌دهنده تغییر رنگ از زرد (مقادیر مثبت) به آبی (مقادیر منفی) و شاخص L^* نشان‌دهنده درخشندگی است که از سیاه به سفید متفاوت است [۳۶]. پارامترهای رنگ بر بازار

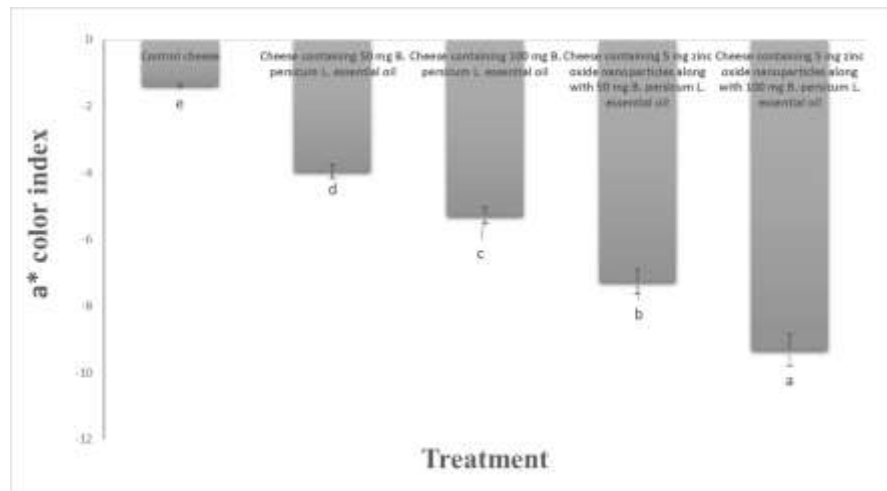


Figure 5- Evaluation of the a* color index of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

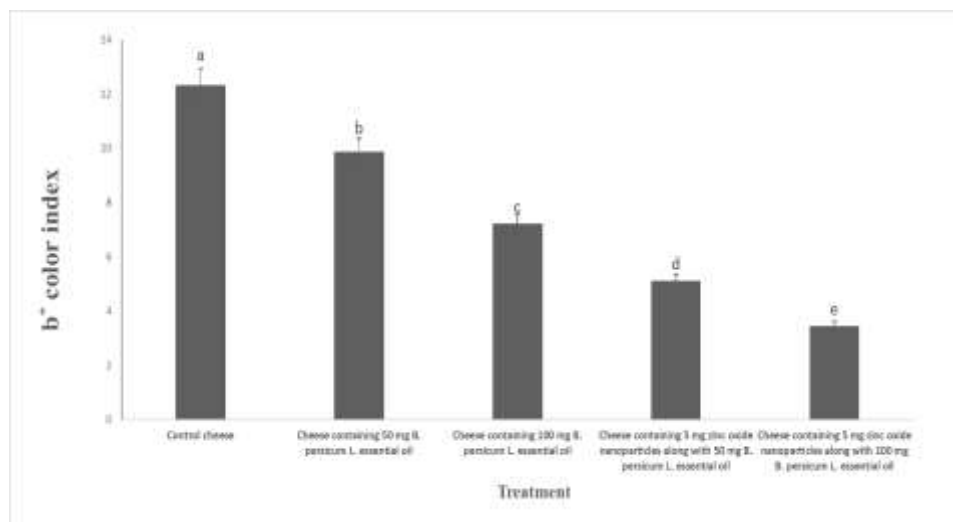


Figure 6- Evaluation of the b* color index of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

*Means in a column followed by the different

superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم امتیاز عطر و طعم به طور معنی داری بیشتر از سایر نمونه ها نشان داد ($p < 0.05$). افزودن اسانس زیره سیاه و نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره به پنیر در هیچ یک غلظت ها اثر معنی داری بر امتیاز بافت نداشت ($p > 0.05$). به طور کلی افزودن نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم باعث بهبود پذیرش کلی نمونه پنیر شد ($p < 0.05$) به طوری که کمترین و بیشترین امتیاز پذیرش کلی به ترتیب مربوط به

۴-۷-۶- ارزیابی حسی

اثر نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره بر ارزیابی حسی نمونه های پنیر در جدول ۷، آورده شده است. همان گونه در جدول ۷، مشاهده می شود، کمترین و بیشترین امتیاز رنگ به ترتیب مربوط به نمونه پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم و نمونه شاهد بود. بین تمامی نمونه ها اختلاف معنی داری در امتیاز رنگ وجود داشت ($p < 0.05$). همچنین نمونه پنیر

نمونه شاهد و نمونه حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم بود.

Table 7- Investigation of sensory evaluation of cheese samples containing zinc oxide nanoparticles and *B. persicum* L. essential oil

Sensory properties	Control cheese	Cheese containing 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 50 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil	Cheese containing 5 mg zinc oxide nanoparticles along with 100 mg <i>B. persicum</i> L. essential oil
Color	4.91 ± 0.03 ^a	4.62 ± 0.06 ^b	4.35 ± 0.04 ^c	4.13 ± 0.02 ^d	4.03 ± 0.07 ^c
Flavor	4.03 ± 0.02 ^c	4.88 ± 0.03 ^d	4.78 ± 0.05 ^c	4.81 ± 0.04 ^b	4.95 ± 0.02 ^a
Texture	4.62 ± 0.07 ^a	4.61 ± 0.04 ^a	4.60 ± 0.06 ^a	4.63 ± 0.03 ^a	4.68 ± 0.07 ^a
General acceptance	4.11 ± 0.03 ^c	4.32 ± 0.06 ^d	4.52 ± 0.05 ^c	4.87 ± 0.03 ^b	4.96 ± 0.02 ^a

Means in a column followed by the different superscripts are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan test.

به همراه اسانس زیره بر پنیر سفید نشان داد که اثر نانو ذره اکسید روی به همراه اسانس زیره به پنیر بر کاهش جمعیت شمارش مخمرکندیدا / آلیکس، / استافیلوکوکوس و / شرشیاکلی بیشتر از اسانس زیره به تنهایی بود. نتایج فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های پنیر بیانگر این بود که با افزودن نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH) به طور معنی دار افزایش یافته است ($p < 0.05$). نتایج بافت سنجی نشان داد، که با افزایش درصد اسانس زیره سیاه و به همراه نانو ذرات اکسید روی سختی و چسبندگی بافت به ترتیب افزایش و کاهش یافت اما تاثیر معنی داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$). در آزمون رنگ سنجی، شاخص L^* و b^* نمونه پنیر نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه نسبت به نمونه شاهد به صورت معنی داری کاهش یافت ($p < 0.05$) اما میزان شاخص a^* افزایش پیدا کرد ($p < 0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد، افزودن نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم باعث بهبود پذیرش کلی نمونه پنیر شد ($p < 0.05$). در نتیجه می توان از نانو ذره اکسید روی به همراه اسانس صنعت ساخت پنیر به منظور افزایش ماندگاری آن استفاده کرد.

همان گونه در جدول ۷، مشاهده می شود، پنیر حاوی نانو ذرات اکسید روی ۵ میلی گرم به همراه اسانس زیره سیاه ۱۰۰ میلی گرم امتیاز پذیرش کلی به طور معنی داری بیشتر از نمونه شاهد است ($p < 0.05$). حسنین و همکاران (۲۰۱۴)، تاثیرات استفاده از اسانس زیره سیاه بر خواص حسی پنیرهای نرم در طول دوره نگهداری ۳۰ روز ارزیابی کردند. نتایج نشان داد، پس از ۳۰ روز نگهداری تغییرات حسی تیمارها همه از الگویی ثابت تبعیت کردند و به مرور زمان به دلیل تولید ادامه دار اسید لاکتیک و سایر اسیدهای ارگانیک در بافت پنیر آثار شکنندگی ظاهر شد که در نمرات قوام، بافت و ظاهر اثر منفی داشت [۳۸].

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، خاصیت ضد میکروبی نانو ذره اکسید روی به همراه اسانس زیره سیاه بر ماندگاری پنیر سفید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج فیزیکوشیمیایی پنیر نشان داد، افزودن اسانس زیره سیاه و نانو ذرات اکسید روی حاوی اسانس زیره سیاه به پنیر تاثیر معنی داری بر میزان اسیدیته، pH و پروتئین نداشت ($p > 0.05$)، اما بر میزان ماده خشک افزایش معنی داری نشان داد ($p < 0.05$). نتایج آزمون میکروبی نشان داد، در خصوص اثر اسانس زیره و نانو ذره اکسید روی

۵- منابع

- [1] Syed, I., & Sarkar, P. (2018). Ultrasonication-assisted formation and characterization of

- Geraniol and Carvacrol loaded emulsions for enhanced antimicrobial activity against food-borne pathogens. *Chemical Papers*. 1(1): 1-14.
- [2] Nadagouda, M.N., Hoag, G., Collins, J., & Varma, R.S. (2009). Green synthesis of Au nanostructures at room temperature using biodegradable plant surfactants. *Cryst Growth Des*; 9:4979-83.
- [3] Dobrucka, R., & Długaszewska, J. (2016). Biosynthesis and antibacterial activity of ZnO nanoparticles using *Trifolium pratense* flower extract, Saudi J. In: *Biol Sci*. 23 (4): 517-523.
- [4] Zhou, H., Fan, T., & Zhang, D. (2011). *Chem. Sus. Chem.* 4, 1344.
- [5] Khosravi, M. (1993). Black Cumin: botany, ecology, and feasibility study of agricultural production. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture.
- [6] Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Ebrahimzadeh Mousavi, M. (2006). Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White Cheese made with different concentrations of starter. *J Dairy Sci*. 89:3318-25.
- [7] Rafiee, B., Ghani, S., Sadeghi, D., & Ahsani, M. (2018). Green synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Eucalyptus Mellidora* Leaf Extract and Evaluation of its Antimicrobial Effects. *J Babol Univ Med Sci*. 20 (10) :28-35.
- [8] Rajawat, S., & Qureshi, S. (2012). Comparative study on bactericidal effect of silver nanoparticle, synthesized using green technology, in combination with antibiotics on salmonella typh. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 3: 480-485.
- [9] Khodadadi, S., Mahdinzhad, N., Fakhri, B., & Miri, A. (2015). Feasibility study of green synthesis of silver nanoparticles using *vaccinium arctostaphylos* extract and measuring their antioxidant and antibacterial properties. Master's Thesis, Department of Plant Breeding and Biotechnology, University of Zabol.
- [10] Hamed, S.M.M., Tetrontan, M., & Ebrahimi Tajabadi, M. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ephedra intermedia* extract and investigation of its antioxidant and antimicrobial properties. *Microbes world scientific journal*. 16 (3): 53.
- [11] Soosani, N., Ashengroph, M. & Chehri, Kh. (2021). Extracellular green synthesis of zinc oxide nanoparticle by using the cell-free extract *Rhodotorula pacifica* NS02 and investigation of their antimicrobial activities. *Nova Biologica Reperta* 8: 195-205. (In Persian).
- [12] Heydarzadeh, S., & Hashem Yaghoubi. (2017). Green synthesis and antibacterial effect of silver nanoparticles by using the extract of citrus aurantium. *Razi journal of medical sciences*. 24 (157): 15-24
- [13] Shafei, M., Sharifan, A., & Aghazade Meshki, M. (2012). Composition of essential oil of *ziziphora clinopodioides* and its antimicrobial activity on *kluveromyces marxianus*. *Journal of food technology and nutrition*, 9(1 (33): 101-107.
- [14] Sefidkan, F., Pourmirzaei, A., & Darvish Zeidabadi, D. (2005). Study of the effects of habitat factors on the changes in essential oil Content of Black Cumin in Kerman. Final report, ministry of agriculture and natural resources of Kerman province.
- [15] Al-Garni, T., A.Y. Abduh, N., Al-Kahtani, A., & Aouissi, A. (2021). Synthesis of zno nanoparticles by using *rosmarinus officinalis* extract and their application for methylene blue and crystal violet dyes degradation under sunlight irradiation. *Preprints* 2021, 2021040038. <https://doi.org/10.20944/preprints202104.0038>.
- [16] Iran National Standards Organization, No. 2852. (2022). Milk and milk products– Determination of titrable acidity and pH – Test method. Second Revision.
- [17] Iran National Standards Organization, No. 8785. (2019). Cheese – Determination of fat content – Van gulik method.
- [18] Iran National Standards Organization, No. 9188-1. (2015). Milk and milk products — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation.
- [19] Iran National Standards Organization, No. 1753. (2002). Cheese and processed cheese – determination of total solids, (Reference method)- Test method content.
- [20] Iran National Standards Organization, No. 6806-1. (2006). Microbiology of food and animal feeding stuffs – Enumeration of coagulase – Positive staphylococci (*staphylococcus aureus* and other species) – Test method Part 1 : Technique using baird – parker agar medium
- [21] Iran National Standards Organization, No. 2946. (2006). Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* -Most probable number technique.
- [22] Iran National Standards Organization, No. 10899-1. (2009). Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95.
- [23] Momeni Sarvestani, M., & Lashkari, H. (2018). The effect of Black cumin essential oil on the physicochemical and microbial properties of ultrafiltrated feta cheese. Master's Thesis in Food Technology, Islamic Azad University, Sarvestan Branch.
- [24] Kealy, T. (2006). Application of liquid and solid rheological technologies to the textural

- characterization of semi-solid food. Food Reserch International. 39: 265-276.
- [25] Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia S. (2007). Texture of low-fat iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as fat replacer. Journal of Dairy Science, 90(9): 4058-4070.
- [26] Takayuki, S., Mami, S., Azizi, M., & Yoshiharu, F. (2007). Antifungal effects of volatile compounds from black zira (*Bunium Persicum*) and other spices and herbs. Journal chemical Ecology. 33: 2123-2132.
- [27] Ojagh, M., Adeli, A., Abdollahi, M., Kazemi, M., & Habibi, M. (2017). Effect of ZnO nanoparticles on the physico-mechanical properties of agar/kappa carrageenan bilayer film. 5 (1): 13-23.
- [28] Moghtader, M., Iraj Mansori, A., Salari, H. & Farahmand, A. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Bunium persicum* Boiss. Seed. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 25: 20-28.
- [29] Karim, G., & Bonyadian, M. (2004). Study the antimicrobial effect of plant essential oil on *E. coli* in Iranian white cheese. FSCT. 1 (1) :21-28.
- [30] Palombo, E.A., & Semple, S.J. (2001). Antibacterial activity of traditional Australian medicinal plants. J Ethnopharmacol. 77(2-3):151-7.
- [31] Youssef, A.M., El-Sayed, S.M., El-Sayed, H.S., Salama, H.H., & Dufresne A. (2016). Enhancement of Egyptian soft white cheese shelf life using a novel chitosan/carboxymethyl cellulose/zinc oxide bionanocomposite film. Carbohydr Polym. 151:9-19.
- [32] Taherkhani, P., Noori, N., Akhondzadeh Basti, A., Gandomi, H., & Alimohammadi, M. (2015). Antimicrobial effects of Kermanian black Cumin (*Bunium persicum* Boiss.) Essential Oil in Gouda Cheese Matrix. Journal of Medicinal Plants. 14(54):76-85.
- [33] EL- Kholy, W.M., Aamer, R.A. & Mailam, M.A. (2017). Effect of Some Essential Oils on the Quality of UF-Soft Cheese During Storage 13. Alexandria Journal of Food Science and Technology, 14 (1): 1-65.
- [34] Dalavar, A., & Lashkari, H. (2019). The effect of shirazi thyme essential oil on the physicochemical and microbial properties of iranian white cheese. Master's thesis in food science and technology, Islamic Azad University, Sarvestan Branch.
- [35] Sanz, T., Salvador, A., Jimenez, A. & Fiszman, S.M. (2008). Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance. European Food Research and Technology, 227(5): 1515-1521.
- [36] Pathare, P. B., Opara, U. L. & Al-Said, F.A.J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. Food and Bioprocess Technology. 6(1): 36-60.
- [37] Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champagne, C., & Simpson, B. K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. Food Research International, 44(8): 2482-2488.
- EL- Kholy, W.M., Aamer, R.A. & Mailam, M.A. (2017). Effect of Some Essential Oils on the Quality of UF-Soft Cheese During Storage 13. Alexandria Journal of Food Science and Technology, 14 (1): 1-65.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Enhancement of white cheese quality and shelf life using green synthesized zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) in combination with *Bunium persicum* L. essential oil

Neda Akhtari¹, Elham Mahdian^{1*}, Fatemeh Oroojalian², Vahid Hakimzadeh¹

1-Department of Food Science and Technology, Qu.C., Islamic Azad University, Quchan, Iran.

2-Department of Advanced Sciences and Technologies in Medicine, School of Medicine, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received:2025/02/08

Accepted:2025/05/04

Keywords:

Green synthesis,

Zinc oxide nanoparticles,

B.persicum L. essential oil,

Antimicrobial,

White cheese

DOI: 10.48311/fsct.2025.83974.0.

*Corresponding Author E-

elham.mahdian@iau.ac.ir

In this research, enhancement of white cheese quality and shelf life using green synthesized zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) in combination with *B.persicum* L. essential oil (control sample, sample containing 50 mg of *B.persicum* L. essential oil, sample containing 100 mg of *B.persicum* L. essential oil, sample containing 5 mg of zinc oxide nanoparticles with 50 mg of *B.persicum* L. essential oil, and sample containing 5 mg of zinc oxide nanoparticle with 100 mg of *B.persicum* L. essential oil). Means were compared using Duncan's multi-range test at a significant level of 5% with SPSS version 22 software. The physicochemical results showed that the addition of *B.persicum* L. essential oil and zinc oxide nanoparticles containing *B.persicum* L. essential oil to cheese have a no significant effect on acidity, pH and protein ($p>0.05$), but it showed a significant increase on the amount of dry matter ($p<0.05$). The results of the microbial test showed that, the effect of zinc oxide nano particles with *B.persicum* L. essential oil on cheese on the count of *Candida Albicans* yeast, *Staphylococcus* and *Escherichia coli* was better than *B.persicum* L. essential oil. The antioxidant activity results showed that, the lowest and highest IC_{50} values were respectively related to the cheese sample containing 5 mg of zinc oxide nanoparticles along with 100 mg of *B.persicum* L. essential oil and the control sample. Histological results showed the essential oil and zinc oxide nanoparticles containing *B.persicum* L. essential oil increased and decreased hardness and adhesion, respectively ($p>0.05$). In the colorimetric test, L^* and b^* index of the samples containing zinc oxide nanoparticles containing *B.persicum* L essential oil decreased significantly ($p<0.05$), but the a^* index increased ($p <0.05$). The results of sensory evaluation showed that, the addition of 5 mg of zinc oxide nanoparticles along with 100 mg of *B.persicum* L. essential oil improved the overall acceptance of the cheese sample ($p<0.05$).