تاثیر ضد میکروبی پوشش موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانوذرات اکسید روی بر کیفیت پنیر چدار در طول رسیدن

سحر خیرخواه فقرا[۱]، سارا جعفریان[۱]، شهین زمردی[۲*]، لیلا روزبه[۱] ، اصغر خسروشاهی اصل[۳]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد نور، نور، ایران.

۲.دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

۳.گروه صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی، غیر دولتی معراج علم سلماس، سلماس، ایران.

***نویسنده مسئول:** s.zomorodi@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۰

چکیده

پنیر چدار نوعی پنیر سخت است که به طور سنتی معمولا پوشش داده می شود. پوشش‌های تجاری مورد استفاده برای پنیر چدار از نوع غیر خوراکی بوده که به دلیل ایجاد آلودگی زیست محیطی و نیز ایجاد آلرژی در برخی از مصرف کنندگان مطلوب نمی‌باشند. امروزه فیلم‌های زیست تخریب پذیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق، تاثیر پوشش خوراکی موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانوذرات اکسید روی در سه غلظت صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد بر خواص کیفی پنیر چدار در طول ۹۰ روز رسیدگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار نمک و چربی و کمترین مقدار رطوبت مربوط به نمونه با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی بود. همچنین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک غیر استارتری در تمام نمونه‌ها در طول ۹۰ روز نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش، اما تعداد باکتری‌های استارتر ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت ($P<۰/۰۱$). همچنین در تمام تیمارها تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل و *سودوموناس*، کپک و مخمر در طول نگهداری بطور معنی داری افزایش پیدا کرد که این افزایش در نمونه‌های با پوشش حاوی نانواکسید روی کمترین مقدار بود ($P<۰/۰۱$). علاوه بر آن پوشش‌های دارای نانواکسید روی مانع رشد کپک‌ها در سطح نمونه‌های پنیر چدار گردید. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی می‌توان از موسیلاژ دانه ریحان حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی به عنوان پوشش در پنیر چدار استفاده کرد بدون اینکه تاثیر منفی بر امتیاز طعم پنیر داشته باشد.

کلید واژه ها: پنیر چدار، موسیلاژ دانه ریحان، نانوپوشش، نانوذرات اکسید روی.

مقدمه

پنیر چدار نوعی پنیر سفت به رنگ زرد بوده که روش تهیه آن متفاوت از روش تولید پنیر سفید است. بدین معنی که روش تولید پنیر چدار تا مرحله برش مشابه روش تولید پنیر سفید بوده و سپس مراحل پخت و چدارینگ به منظور تولید اسید، تشدید سینرزیس و ایجاد بافت مناسب چدار انجام می‌گیرد. طول دوره رسیدن این نوع پنیر متغیر بوده و بسته به خواست مصرف کننده از ۳ تا ۱۵ ماه نگهداری می‌شود (Cooke et al., 2013). اگر چه در حالت طبیعی پنیر چدار مدت زمان نگهداری معقولی دارد ولی کیفیت آن ممکن است توسط فاکتورهای نامطلوبی از جمله میکروارگانیسم‌ها، حرارت، اکسیژن، نور و فعالیت آنزیمی تحت تاثیر قرار گیرد. این تغییرات موجب تشکیل ترکیبات مولد عطر و طعم نامطلوب و در نتیجه موجب کاهش بازار پسندی و افت کیفیت محصول می‌گردند. همچنین ممکن است این تغییرات سبب افزایش خطر ابتلاء به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی گردد (Asensio et al., 2015). بنابراین تکنیک‌های نگهداری موثر باید در طول نگهداری پنیر چدار بکار برده شوند که یکی از آنها پوشش‌دهی و بسته بندی پنیر است. معمولا پوشش‌های تجاری مورد استفاده برای پنیر چدار از نوع غیر خوراکی بوده که این نوع پوشش‌ها به دلیل ایجاد آلودگی زیست محیطی و نیز ایجاد آلرژی در برخی از مصرف کنندگان مطلوب نمی-باشند (Castle et al., 1993). لذا در سال‌های اخیر

فیلم‌های زیست تخریب پذیر مورد توجه محققان قرار گرفته است.

امروزه پوشش‌های خوراکی حاصل از ترکیبات هیدروکلوئیدی به دلیل خوراکی بودن و قابلیت زیست تخریب پذیری مورد توجه قرار گرفته‌اند (Soleimani-Rambod et al., 2018). در این میان دانه ریحان دارای مقادیر زیادی هیدروکلوئید، با خواص رئولوژیکی قابل توجه بوده که موجب شده با سایر هیدروکلوئیدهای تجاری قابل رقابت باشد. هنگامی که پوسته بیرونی دانه ریحان در آب خیس می‌شود، به سرعت آب جذب نموده و به صورت یک توده متورم ژلاتینی در می‌آید. هیدروکلوئید استخراج شده از دانه ریحان دارای ۲ جزء اصلی می‌باشد. اسکلت اصلی یا هسته اصلی مقاوم در برابر اسید (گلوکومانان به مقدار ۴۳ درصد) که در آن نسبت گلوکز به مانوز ۱۰ به ۲ می‌باشد. قسمت محلول در اسید (زایلان با اتصالات ۱به ۴ به مقدار ۲۹/۲۴ درصد) و دارای زنجیره جانبی اسیدی بر روی کربن شماره ۲ و ۳ از زایلوزیل می‌باشد. صمغ دانه ریحان ویژگی منحصر به فردی به عنوان تغلیظ کننده و پایدارکننده در صنایع غذایی دارد (Nazir et al., 2017).

اما فیلم‌های زیست تخریب پذیر به دلیل مشکلاتی مانند شکننده بودن و ممانعت ضعیف در برابر تبادل گازی کاربردهای محدودی دارند. برای غلبه بر این مشکل می‌توان از نانوکامپوزیت‌ها استفاده کرد. نانوبیوکامپوزیت‌ها علاوه بر داشتن ترکیبی با ابعاد نانو، دارای ترکیبات بیوزیستی نیز هستند که زیست تخریب‌پذیر (Biodegradable) بوده و در محیط به‌وسیله موجودات تجزیه‌کننده به ریزواحدهای خود تبدیل می‌شوند (Díez-Pascua, 2019). نانو کامپوزیت‌های پلیمری در بردارنده نانوذرات فلزی و اکسید فلزی، به دلیل خواص بهینه آنها (مقاومت در برابر عبورگاز، انعطاف پذیری، خواص آنتی باکتریال و خواص ضد میکروبی) به صورت گسترده‌ای رشد یافته‌اند. در بین نانوذرات، نانو ذرات اکسید روی به علت خواص فیزیکی و شیمیایی پایدار، غیرسمی و ارزان بودن به طور گسترده‌ای استفاده می شوند. نانوذرات اکسید روی غنی‌ترین ماده نانوساختاری است و می‌تواند در کاربردهای پزشکی به‌راحتی و بدون روکش استفاده شود. این خصوصیات ویژه اکسید روی می‌تواند زمینه‌های تحقیقاتی گوناگونی را در آینده ایجاد کند. طبق گزارش‌های اخیر تولید هیدروژن پراکسید از سطح نانو ذرات اکسید روی باعث بروز پدیده آنتی‌باکتریال در آنها می‌شود. این موضوع سبب شده تا این مواد که در مقایسه با نانو نقره خواص غیرسمی و ظاهری سفید دارند، برای بهبود خواص پلیمرهای مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی مورد توجه قرار گیرند (Siddiqi et al., 2018).

در پژوهشی مشخص گردید که کامپوزت پلی اتیلن با چگالی کم حاوی نقره و اکسید روی تاثیر چشمگیری روی ماندگاری آب پرتقال داشت (Emamifar et al., 2010). همچنین نانو کامپوزیتی شامل پلی اتیلن و اکسید روی از نقطه نظر ماندگاری تکه های سیب، کیفیت بهتری نسبت به بسته بندی معمولی داشت (Naknaen et al., 2014). با توجه به اینکه تاکنون هیچ مطالعهٔ مشخص در مورد پوشش نانو بیوکامپوزیت حاصل از ترکیب موسیلاژ ریحان گزارش نشده است، در این تحقیق، برای اولین بار تاثیر پوشش بیونانوکامپوزیت موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانو ذرات اکسید روی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پنیر چدار در طول رسیدن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش کار

شیر کامل (با دانسیته ۱/۰۳۰، ماده خشک ۱۲/۰۴ درصد، چربی ۳/۵ درصد، پروتئین ۳/۳۳ درصد، اسیدیته ۱۵ درجه دورنیک و pH برابر ۶/۶۰) از دامداری روستای باغستان ارومیه، استارتر مزوفیل شامل *لاکتوکوکوس کریموریس* و *لاکتوکوکوس دی‌استی لاکتیس* از شرکت دنیزکوی فرانسه (10DCU=3.0g) و رنت از شرکت DSM هلند (Milk clotting activity= 2200

IMCU/g) و دانه ریحان از بازار سنتی شهرستان ارومیه تهیه شد.

روش استخراج موسیلاژ دانه ریحان

دانه ریحان به نسبت ۱ به ۶۵ با آب در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و pH=۸ (تنظیم با استفاده از سود ۰/۲ مولار) با آب دیونیزه مخلوط شد. سپس به منظور جداسازی موسیلاژ از دانه‌های ریحان به مدت یک دقیقه با مخلوط کن در دور پایین مخلوط شد. موسیلاژ با استفاده از الک با مش ۳۵ از مخلوط جدا گردید. در نهایت موسیلاژ در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب خشک شد. پس از خشک شدن آسیاب شد و از الک با مش ۴۰ عبور داده شد (Nazir et al., 2017). سپس در بسته بندی غیر قابل نفوذ به رطوبت تا زمان آزمایش نگهداری شد.

تهیه پنیر چدار

ابتدا شیر خام در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ دقیقه پاستوریزه و تا دمای ۳۲ درجه سلسیوس سرد شد. سپس کلرید کلسیم (۱۵ گرم در لیتر) و استارتر مزوفیل (۰/۰۱ درصد) افزوده شد و مدت حدود یک ساعت در همان دما نگهداری گردید تا اسیدیته به ۲۰ درجه دورنیک برسد. سپس رنت (یک گرم در ۱۰۰ لیتر) اضافه شد و مدت یک ساعت در همان دما نگهداری گردید تا دلمه تشکیل شود. پس از برش دادن دلمه، عمل پخت انجام شد، بطوری که در مدت یک ساعت دما به تدریج از ۳۰ درجه سلسیوس به ۴۰ درجه سلسیوس افزایش یافت. پس از آبکشی، دلمه‌ها به شکل مکعب‌های آجری شکل برش داده شده و تا رسیدن اسیدیته آب پنیر به ۷۵ درجه دورنیک، دلمه‌ها زیر و روگردید. پس از ایجاد بافت سینه مرغی در پنیر، دلمه‌ها به اندازه بند انگشت آسیاب شدند و با ۲ درصد نمک تصفیه شده بدون ید مخلوط گردیدند. دلمه‌های آسیاب شده به داخل پارچه ململ منتقل و در داخل قالب استوانه‌ای پرس شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت پرس باز و پنیر داخل قالب وارونه شد و مجددا با افزایش میزان فشار نسبت به مرحله اول، مدت ۲۴ ساعت دیگر عمل پرس ادامه یافت. سپس پنیرها از پرس خارج شدند (نبی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

تهیه محلول پوشش بیوکامپوزیت

ابتدا نانو اکسید روی (US Research Nanomaterials, Inc., Houston, USA) در دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد (به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم) بطور جداگانه در ۵۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک یک درصد (حجمی/حجمی) حل شد و به منظور پخش بهتر نانوذرات، به مدت ۳۰ دقیقه در داخل حمام آبی دستگاه اولتراسوند (Sonica, ultrasonic cleaners, Italy) با فرکانس ۴۰ کیلوهرتز تحت تیمار فراصوت قرار گرفت.

سپس یک گرم موسیلاژ در ۵۰ میلی‌لیتر آب با استفاده از هات پلیت مغناطیسی در حال همزدن در دمای ۷۵ درجه سلسیوس حل شد. جهت خروج حباب‌های هوا و تولید پوشش یکنواخت، ژل تا دمای اتاق خنک خواهد گردید. سپس سوسپانسیون نانوذرات (۵۰ میلی‌لیتر) به محلول تشکیل دهنده پوشش (۵۰ میلی‌لیتر) اضافه و به منظور پخش بهتر نانوذرات، به مدت ۱۵دقیقه دیگر در داخل حمام آبی دستگاه اولتراسوند با فرکانس ۴۰ کیلوهرتز تحت تیمار فراصوت قرار گرفت. در ادامه، ۰/۴ گرم گلیسرول (۴۰ درصد وزنی/وزنی موسیلاژ دانه ریحان)، به عنوان نرم کننده به مخلوط اضافه و به مدت ۶۰ ثانیه هم‌زده شد (Kheirkhah foghara et al., 2020).

روش پوشش‌دهی پنیر چدار

نمونه‌های پنیر چدار به قطعاتی با وزن ۵±۳۰۰ گرم برش داده شدند و به منظور استریلیزاسیون به مدت ۱ ساعت تحت تابش اشعه UV قرار گرفتند. سپس بصورت مجزا با محلول‌های پوشش به صورت دو لایه با استفاده از برس نرم به آرامی و در شرایط یکسان پوشش داده شدند. بدین منظور اولین لایه از محلول‌های پوشش روی سطح نمونه‌های پنیر برس زده شد و به مدت یک ساعت خشک شد. سپس دومین لایه نیز مطابق مرحله قبل برس زده شد و پنیرها به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد خشک شدند

(Solemani rambod et al., 2018). در این تحقیق سه تیمار در ۳ تکرار به شرح زیر تهیه شد:

۱-تیمار BSM، پنیر چدار پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان ۱ درصد، ۲-تیمار ZnO-0.25، پنیر چدار پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان حاوی ۰/۲۵ درصد نانواکسید روی و ۳-تیمار ZnO-0.5، پنیر چدار پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه ریحان حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی. سپس نمونه‌های پنیر پوشش‌داده شده، به‌مدت ۹۰ روز در دمای ۲±۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند و در طول رسیدن در فواصل زمانی ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز مورد آزمایش قرار گرفتند.

شمارش میکروبی

برای تهیه رقت. ۱۰ گرم از هر نمونه همگن شده پنیر به داخل کیسه‌های استریل استومیکر تحت شرایط اسپتیک انتقال داده شد و ۹۰ میلی‌لیتر سیترات سدیم دو درصد استریل اضافه شد. سپس به مدت ۲ دقیقه توسط استومیکر (سووارد ساخت انگلیس) همگن شد. سری رقت‌ها با افزودن یک میلی‌لیتر از هر غلظت به نه میلی‌لیتر آب پپتون یک درصد (وزنی حجمی) تهیه شد. برای شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک غیراستارتری (Non starter lactic acid bacteria, NSLAB)، یک میلی لیتر از رقت‌های مورد نظر به‌روش پورپلیت در محیط کشت MRS آگار (شرکت مرک آلمان) کشت داده شد. سپس تحت شرایط بی‌هوازی با استفاده از گازپک (Anaerocult A مرک آلمان) در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت انکوبه شد. شمارش باکتری-های استارتر (لاکتوکوکسی‌ها)، نیز به‌روش پورپلیت در محیط M17 آگار (مرک آلمان) کشت شد و در شرایط هوازی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت گرمخانه‌گذاری گردید. جمعیت باکتری‌های هوازی مزوفیل کل (Total Mesophilic Aerobic Bacteria, TMAB) نیز به‌روش پورپلیت بر روی محیط کشت پلیت کانت آگار (مرک آلمان) و باکتری *سودوموناس* نیز در محیط *سودوموناس* آگار کشت شدند و تحت شرایط هوازی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت انکوبه گردید. جمعیت باکتری‌های سرمادوست نیز به‌روش پورپلیت بر روی محیط کشت پلیت کانت آگار کشت شد و تحت شرایط هوازی در دمای یخچالی (۱±۷ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۰ روز انکوبه شد. باکتری‌های کلی‌فرم (*انتروباکتریاسه*) بر روی محیط کشت ویولت بایل آگار (Violet Red Bile Agar، مرک آلمان) به‌روش پورپلیت تحت شرایط هوازی در دمای ۳۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت کشت داده شد (Broadbent et al., 2013). برای شمارش کپک و مخمر، یک میلی لیتر از رقت تهیه شده به سطح محیط کشت سابرودکستروز آگار (مرک آلمان) منتقل به صورت سطحی کشت داده شد و در شرایط هوازی به‌مدت پنج روز در دمای محیط ۲۵ درجه سلسیوس انکوبه شد (Ulpathakumbura et al., 2016).

روش‌های آزمایش فیزیکی‌شیمیایی و حسی

رطوبت از طریق خشک شدن در آون (ممرت آلمان) در ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس، چربی به روش ژربر، نمک به روش ولهارد، pH با استفاده از pH متر (متریوم سویس)، تعیین شد. ارزیابی حسی طعم به روش هدونیک ۵ نقطه-ای توسط ۱۵ داروز تعیین شد. داوران برای شستشوی دهان خود بین نمونه‌ها از آب استفاده کردند.

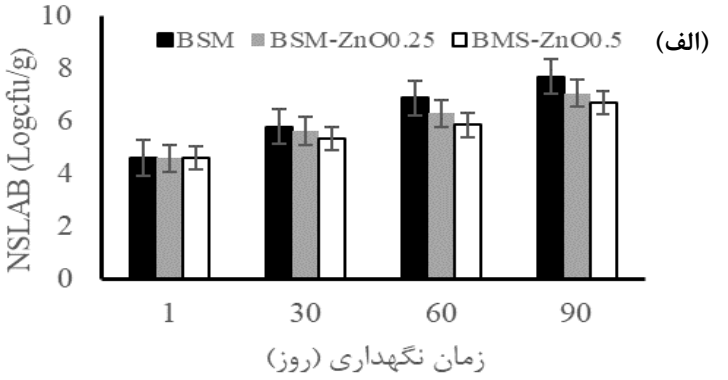
روش طرح آماری

نتایج پنیر با استفاده از آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار تجزیه گردید. فاکتور اول زمان نگهداری و فاکتور دوم نوع پوشش بود. نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شد. مقایسات میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار و رسم منحنی‌ها با نرم افزار اکسل انجام شد.

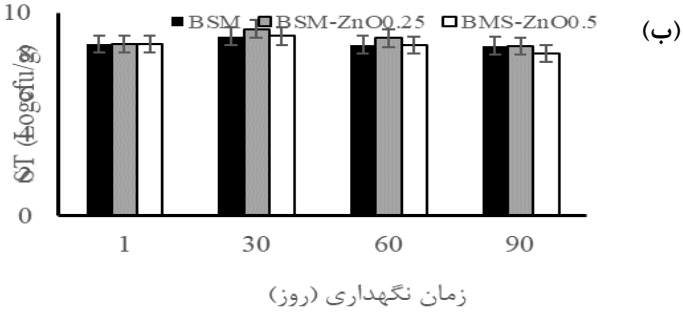
نتایج

قابلیت زیستی باکتری‌های لاکتیک اسید غیراستارتری (NSLAB) و باکتری‌های استارتر (SB)

با توجه به شکل ۱ (الف) تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک غیر استارتری در تمام نمونه‌ها در طول ۹۰ روز نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۱$). اما بر اساس شکل ۱ (ب)، تعداد باکتری‌های استارتر تا روز سی‌ام افزایش و سپس تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت ($P<۰/۰۱$).



(الف)



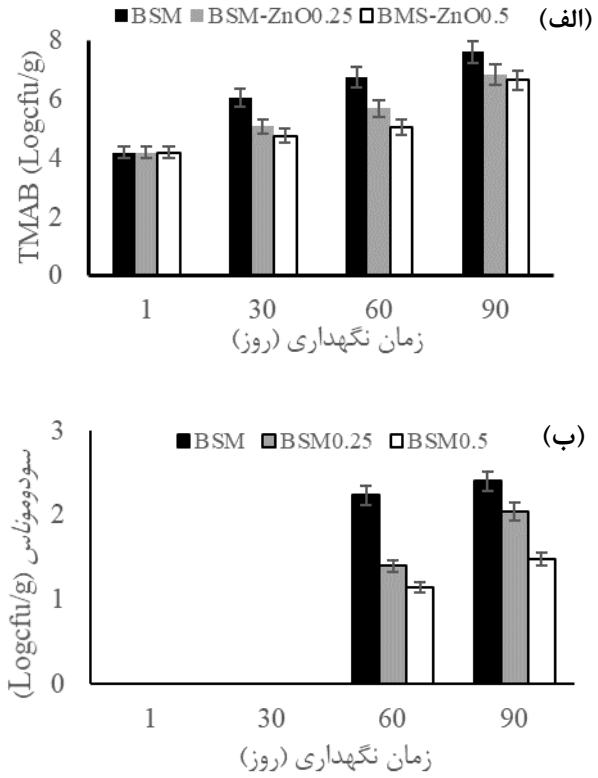
شکل ۱-تاثیر نوع پوشش بر بقاء باکتری‌های لاکتیک اسید غیراستارتری (NSLAB) (الف) و استارتری (ST) (ب) در طول رسیدن پنیر چدار. نوع پوشش: BSM، BSM-ZnO-0.25 و BSM-ZnO-0.5 به ترتیب حاوی پوشش موسیلاژ دانه ریحان، موسیلاژ حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد نانوذرات اکسیدروی

در ابتدای دوره نگهداری تعداد NSLAB در نمونه‌های پنیر در حدود ۴/۶ سیکل لگاریتمی بود که در پایان دوره نگهداری در تیمارهای BSM، ZnO-0.25 و ZnO-0.5 به ترتیب ۷/۷۱، ۷/۰۷ و ۶/۷۲ سیکل لگاریتمی رسید. همچنین تعداد ST در ابتدای دوره نگهداری در نمونه‌های پنیر در حدود ۸/۴۷ سیکل لگاریتمی بود که پس از ۳۰ روز نگهداری در تیمارهای BSM، ZnO-0.25 و ZnO-0.5 به ترتیب به ۸/۸۵، ۹/۲۳ و ۸/۸۹ سیکل لگاریتمی و در پایان دوره نگهداری (پس از ۹۰ روز) به ترتیب به ۸/۴۰، ۸/۳۸ و ۸/۰۱ سیکل لگاریتمی رسید.

شمارش کل باکتری‌های هوازی مزوفیل (TMAB)، کلی‌فرم‌ها و *سودوموناس*

با توجه به شکل ۲ (الف) در تمام تیمارها تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل در طول نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد که این افزایش در تیمار ZnO-0.5 کمترین مقدار بود ($P<۰/۰۱$). اما نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در هیچیک از نمونه‌های پنیر چدار رشد باکتری‌های کلی فرم مشاهده نشد.

همان‌طوری‌که از شکل ۲ (ب) مشخص است تا روز ۳۰ ام نگهداری در هیچیک از نمونه‌ها باکتری‌های *سودوموناس* مشاهده نشد. اما پس از آن با گذشت زمان نگهداری در تمام نمونه‌ها تعداد این باکتری‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۱$) که این افزایش در تیمار BSM بیشتر و در تیمار ZnO-0.5 کمتر بود.



شکل ۲- تاثیر نوع پوشش بر تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل (TMAB) (الف) و *سودوموناس* (ب) در طول رسیدن پنیر چدار. نوع پوشش: BSM، BSM-ZnO-0.25 و BSM-ZnO-0.5 به ترتیب حاوی پوشش موسیلاژ دانه ریحان، موسیلاژ حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد نانوذرات اکسیدروی

شمارش کپک و مخمر

همانطوریکه از شکل ۳ مشخص است پوشش‌های دارای نانو اکسید روی مانع رشد کپک‌ها در سطح نمونه‌های پنیر چدار گردید. با توجه به جدول ۱، در روز اول رشد کپک در نمونه‌های پنیر مشاهده نشد. اما در روز ۳۰ ام در تیمار BSM در حدود ۱/۵ سیکل لگاریتمی کپک رشد کرد در حالی‌که در دو نمونه دیگر رشد کپک منفی بود. در روز ۶۰ ام نگهداری به بعد در تمام نمونه‌ها رشد کپک مشاهده شد.

شکل ۳- اثر نوع پوشش بر رشد کپک‌های سطحی پنیر چدار

در تیمار BSM تعداد کپک‌ها و مخمرها به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود. اختلاف تعداد کپک‌ها و مخمرها در تیمارهای ZnO-0.25 و ZnO-0.5 معنی‌دار نبود و در این دو نمونه تعداد کپک‌ها و مخمرها بطور معنی‌داری کمتر بود ($F=7.15, 6.03$ ،$P<0.01$).

جدول ۱- اثر متقابل نوع پوشش و زمان نگهداری بر تغییرات کپک‌ها و مخمرها در پنیر چدار

نوع پوشش	زمان نگهداری (روز) ۱	۳۰	۶۰	۹۰
	کپک (Logcfu/g) SEM=۰/۸۲			
موسیلاژ دانه ریحان	۰	۱/۵۰ ^{bA}	۲/۸۹ ^{aA}	۲/۶۳ ^{aA}
موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۰	۰	۱/۳^{aB}	۱/۵۶ ^{aB}
موسیلاژ حاوی ۰/۵ ٪ نانوذرات اکسید روی	۰	۰	۰/۹۱ ^{aB}	۱/۴۰ ^{aB}
	مخمر (Logcfu/g) SEM=۱/۲			
موسیلاژ دانه ریحان	۰	۰	۴/۶۷ ^{bA}	۵/۶۵ ^{aA}
موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۰	۰	۲/۱۵ ^{bB}	۲/۷۹ ^{aB}
موسیلاژ حاوی ۰/۵ ٪ نانوذرات اکسید روی	۰	۰	۲/۰۰ ^{aB}	۱/۹۸ ^{aB}

اعداد حداقل با یک حرف کوچک مشابه و حرف بزرگ مشابه به ترتیب در هر سطر و ستون از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند. SEM خطای استاندارد میانگین

تغییرات ترکیبات شیمیایی نمونه‌های پنیر

تغییرات ترکیبات شیمیایی نمونه های پنیر چدار طی زمان رسیدن در جدول ۲ آورده شده است. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر متقابل زمان نگهداری و نوع پوشش بر pH، رطوبت، نمک و چربی نمونه‌های پنیر چدار معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). با توجه به جدول ۴، pH در تمام نمونه‌ها در طول نگهداری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۱$). اما بین pH تیمار BSM، در زمان‌های یک و ۳۰ و در تیمارهای ZnO-0.25 و ZnO-0.5 در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در پایان دوره نگهداری (پس از ۹۰ روز) pH همه نمونه‌ها در یک سطح آماری قرار داشت.

طبق جدول ۲، نمک و چربی در همه نمونه‌های پنیر چدار در طول رسیدن به‌طور معنی‌داری افزایش و رطوبت کاهش پیدا کرد ($P<۰/۰۱$). در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار نمک و چربی و کمترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار ZnO-0.5 بود.

ارزیابی خواص حسی

در این تحقیق خواص حسی نمونه‌های پنیر تولیدی پس از ۹۰ روز رسیدن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تاثیر نوع پوشش بر امتیاز طعم معنی‌دار نبود ($F=0.99$ ،$P>0.05$).

جدول ۲- تاثیر متقابل نوع پوشش بر pH، رطوبت، نمک و چربی نمونه‌های پنیر چدار در طول رسیدن

نام آزمایش	نوع پوشش	زمان نگهداری (روز) ۱	۳۰	۶۰	۹۰
pH	موسیلاژ دانه ریحان	۴/۸۳ ^{aA}	۴/۸۲ ^{aA}	۴/۷۱ ^{bA}	۴/۴۱ ^{cA}
SEM=۰/۰۵	موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۴/۸۳ ^{aA}	۴/۶۷ ^{bB}	۴/۶۷ ^{bA}	۴/۳۹ ^{cA}
F=۲/۸۴	موسیلاژ حاوی ۰/۵٪ نانوذرات اکسید روی	۴/۸۳ ^{aA}	۴/۵۲ ^{bC}	۴/۵۸ ^{bAB}	۴/۳۵ ^{cA}

رطوبت (٪)	موسیلاژ دانه ریحان	۳۴/۴۶^{aA}	۳۲/۶۲^{aA}	۲۷/۰۵^{bAB}	۲۴/۷۹^{bB}
SEM=۱/۶۱	موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۳۴/۴۶^{aA}	۳۲/۱۵^{aAB}	۲۵/۸۹^{bB}	۲۳/۰۵^{bBC}
F=۴/۱۷	موسیلاژ حاوی ۰/۵٪ نانوذرات اکسید روی	۳۴/۴۶^{aA}	۲۸/۲۴^{bB}	۲۵/۰۰^{bB}	۲۱/۸۵^{cC}
نمک (٪)	موسیلاژ دانه ریحان	۱/۰۶ ^{dA}	۱/۲۳ ^{cB}	۱/۵۴ ^{bB}	۱/۷۴ ^{aA}
SEM=۰/۰۴	موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۱/۰۶ ^{dA}	۱/۳۷ ^{bA}	۱/۷۲ ^{aA}	۱/۶۴ ^{aA}
F=۳/۶۷	موسیلاژ حاوی ۰/۵٪ نانوذرات اکسید روی	۱/۰۶ ^{dA}	۱/۲۷ ^{cA}	۱/۵۱ ^{bB}	۱/۷۰ ^{aA}
چربی (٪)	موسیلاژ دانه ریحان	۳۵/۰۰^{cA}	۳۸/۹۰^{bB}	۴۲/۷۵^{aA}	۴۳/۱۵^{aA}
SEM=۱/۳۹	موسیلاژ حاوی ۰/۲۵٪ نانوذرات اکسید روی	۳۵/۰۰^{cA}	۳۹/۵۰^{bAB}	۴۱/۲۵^{bB}	۴۵/۱۵^{aA}
F=۳/۱۷	موسیلاژ حاوی ۰/۵٪ نانوذرات اکسید روی	۳۵/۰۰^{cA}	۴۱/۵۰^{bA}	۴۴/۶۳^{aA}	۴۶/۷۵^{aA}

اعداد حداقل با یک حرف کوچک مشابه و حرف بزرگ مشابه به ترتیب در هر سطر و ستون از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند. (ردیف کوچک، ستون بزرگ)

بحث

مجموعه‌ای از عوامل تاثیرگذار در فرآیند رسیدگی پنیر در طی زمان نگهداری از طریق تجزیه لاکتوز، پروتئین و چربی، بافت، عطر و طعم و ماندگاری پنیر را تحت تاثیر قرار داده و خصوصیات کیفی محصول نهایی را تعیین می‌کنند. مهمترین عوامل باکتری‌های لاکتیک اسید غیر استارتری و استارتری هستند. بنابراین بررسی تاثیر نوع پوشش مورد استفاده در پنیر بر روی بقای این باکتری‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) شامل گونه‌هایی که از طریق شیر یا تجهیزات فرآوری وارد پنیر می‌شوند (Peterson and Marshall, 1990).

با توجه به نتایج این بررسی تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک غیر استارتری در طول نگهداری در تمام نمونه‌های پنیر افزایش یافت ($P<0.01$، $F=6.35$). اما تعداد باکتری‌های استارتر تا روز سی‌ام افزایش و سپس تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت ($P<0.05$، $F=2.85$). نتایج مشابهی توسط نیز توسط سایر محققان در پنیر چدار گزارش شده است (Broadbent et al., 2013; Ulpathakumbura et al., 2016). آنها نیز ادعا کردند که بقای باکتری‌های لاکتیک اسید غیر استارتری در پنیر چدار طی رسیدگی بطور معنی‌داری افزایش و باکتری‌های استارتر کاهش نشان داد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج ارائه شده توسط پترسون و مارشال (۱۹۹۰) مبنی بر کاهش تعداد باکتری‌های استارتر و افزایش NSLAB در پنیر چدار طی زمان نگهداری مطابقت دارد (Peterson and Marshall, 1990). دی-پیرو و همکاران (۲۰۱۱) افزایش قابلیت زیستی NSLAB را در پنیر ریکوتای پوشش‌دهی شده با پروتئین آب پنیر و کیتوزان (Di Pierro et al., 2011) و ال سی سی و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش زنده‌مانی باکتری‌های لاکتیک اسید در پنیر راس طی ۱۲۰ روز نگهداری (El-Sisi et al., 2015) گزارش کردند که مشابه نتایج بدست آمده در این تحقیق است. از طرفی افزایش قابلیت زیستی باکتری‌های لاکتیک اسید غیر استارتری می‌تواند با کاهش کلنی‌های باکتری‌های استارتر در طی زمان نگهداری پنیر چدار مرتبط باشد. زیرا به دلیل اتولیز باکتری‌های استارتر در اثر شرایط نامساعد محیطی، آنزیم‌های درون سلولی و ترکیبات سلولی مثل قند و اسید نوکلئیک در ماتریکس پنیر آزاد می‌شوند. این ترکیبات آزاد شده موجب افزایش قابلیت زیستی باکتری‌های لاکتیک اسید غیراستارتری در پنیر می‌شوند (Broadbent et al., 2013; Ulpathakumbura et al., 2016). نتایج حاصل از تغییرات قابلیت زیستی باکتری‌های استارتر نیز این موضوع را تائید می‌کند. همچنین ایجاد شرایط نامساعد برای رشد باکتری‌های استارتر توسط NSLAB دلیل افزایش قابلیت زیستی NSLAB می‌باشد. زیرا باکتری‌های لاکتیک اسید غیر استارتری با تجزیه لاکتوز و تولید

اسید لاکتیک شرایط محیطی را برای رشد باکتری‌های استارتر نامطلوب می‌کنند که در مقابل قابلیت زیستی باکتری‌های لاکتیک اسید غیراستارتری در ماتریکس پنیر افزایش می‌یابد (Peterson & Marshall, 1990). در تیمار با پوشش موسیلاژ دانه ریحان حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی افزایش NSLAB کمتر و کاهش استارترها بطور غیر معنی داری بیشتر بود ($P>0.01$). دلیل آن می‌تواند در اثر خاصیت ضدباکتریایی ذرات نانواکسید روی باشد که در سطح پنیر از رشد باکتری‌های لاکتیک اسید غیراستارتری و استارتری تا حدودی جلوگیری کرده است.

همچنین در تمام تیمارها تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل در طول نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($P<0.05$، $F=4.13$). سلیمانی و همکاران (۲۰۱۸) و پورمولایی و همکاران (۲۰۱۸) در پنیر چدار پوشش‌دهی شده با انواع صمغ‌ها نشان دادند که تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل در دوره رسیدگی بطور چشمگیری افزایش یافت (Pourmolaie et al., 2018; Solemani rambod et al., 2018) که مطابق با نتایج بدست آمده در این مطالعه می‌باشد. اما افزایش تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل در طول نگهداری، در نمونه با پوشش موسیلاژ دانه ریحان حاوی ۰/۵ درصد نانو اکسید روی کمتر بود ($P<0.05$، $F=4.13$). به‌طوری‌که در پایان دوره نگهداری در تیمارهای ZnO-0.25 و ZnO-0.5 تعداد کل باکتری‌های هوازی مزوفیل به ترتیب در حدود ۰/۸ و ۱۰ سیکل لگاریتمی کمتر از نمونه با پوشش موسیلاژ دانه ریحان بود. خواص ضدباکتریایی نانو اکسید روی توسط محققان زیادی گزارش شده است. فعالیت ضد میکروبی نانو اکسید روی ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تولید شده از فوتوکاتالیز اکسید روی و کاتیون‌های روی آزاد شده از سطح ذرات اکسید روی می‌باشد. خیرخواه فقرا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که فیلم موسیلاژ دانه ریحان خالص، فاقد خاصیت ضدمیکروبی است. اما وارد کردن نانو ذرات اکسید به فیلم موسیلاژ دانه ریحان به طور معنی‌داری مانع رشد باکتری‌ها گردید (Kheirkhah foghara et al., 2020). اثر ضدمیکروبی نانوذرات اکسید روی به صورت ترکیب با مواد بسته بندی در کاهش بار میکروبی محصولاتی نظیر آب پرتقال (Emamifar et al., 2011) و برش‌های سیب (Naknaen et al., 2014)، انگور سیاه (امامی‌فر، ۱۳۹۷) و یا به صورت پوشش روی محصول، در توت فرنگی (Sogvar et al., 2016) گزارش شده است.

نتایج حاصل از شمارش میکروبی نمونه‌های پنیر نشان داد که موسیلاژ حاوی نانو اکسید روی به‌دلیل توانایی در کنترل تکثیر میکروبی، بدون اینکه تاثیر زیادی بر باکتری‌های غیر استارتری و باکتری‌های استارتری (میکروب‌های اصلی و کارکردی لبنی) گذارد، باکتری‌های مزوفیل هوازی پنیر را کاهش داد. این نتایج با نتایج اینکورواتو و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (Incoronato et al., 2011). آنها نیز گزارش کردند که سیستم بسته‌بندی ضد میکروبی حاوی نانوذرات مونتموریلونیت نقره به‌صورت قابل توجهی ماندگاری پنیر را افزایش می‌دهد بدون اینکه بر روی میکروب‌های اصلی و کارکردی لبنی محصول تاثیر داشته باشد.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، در هیچیک از نمونه‌های پنیر چدار رشد باکتری‌های کلی‌فرم مشاهده نشد. زیرا شیر پنیرسازی ابتدا پاستوریزه و سپس مورد استفاده قرار گرفت. موآتسوآ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که حضور ابتدایی باکتری‌های کلی‌فرم در پنیر می‌تواند به دلیل ضعف احتمالی فرآیندهای حرارتی اعمال شده بر روی شیر پنیر سازی باشد (Moatsou et al., 2015). همچنین حضور اولیه کلی‌فرم‌ها در پنیر، عمدتاً به دلیل آلوده شدن ثانویه شیر بعد از عملیات پاستوریزاسیون است که ناشی از عدم رعایت موازین بهداشتی در طول فرآوری پنیر می‌باشد (Trmčić et al., 2016). طی دوره رسیدن پنیر، تغییرات بیوشیمیایی و میکروبیولوژیکی زیادی رخ می‌دهند که می‌توانند موجب تغییر خصوصیات کیفی پنیر شوند. در فرآیند تولید

محصولات لبنی، عوامل محیطی مختلفی مانند شرایط آماده‌سازی اولیه، فرمولاسیون، فرآوری، بسته‌بندی، انبارداری، دمای نگهداری و همچنین عوامل درونی محصول مانند میزان رطوبت و pH می‌توانند نوع و میزان فساد این محصولات را توسط طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها تعیین کنند (Khorshidian et al., 2017).

فساد محصولات لبنی از فاکتورهای مهم تعیین پذیرش یا عدم پذیرش محصول توسط مصرف کننده می‌باشد که در این راستا آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک نقش عمده‌ای را در فساد این محصولات ایفا می‌کنند. باکتری‌های *سودوموناس* بدلیل تولید آنزیم‌های مذکور می‌توانند در این زمینه حائز اهمیت باشند (Lucera et al., 2014).

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی در ابتدای دوره نگهداری در هیچیک از نمونه‌های پنیر باکتری‌های *سودوموناس* مشاهده نشد. اما در طول زمان نگهداری در تمام نمونه‌ها تعداد این باکتری‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0.01$، $F=9.33$). که این افزایش در تیمار ZnO-0.5 کمتر بود. سلیمانی رامبد و همکاران (۲۰۱۸) نیز افزایش چشم‌گیری در تعداد باکتری‌های *سودوموناس* در روز ۶۰ ام دوره رسیدگی در همه نمونه‌های پنیر چدار پوشش داده شده با برخی صمغ‌ها مشاهده کردند. لوسرا و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که تعداد باکتری‌های *سودوموناس* در پنیر موزارلا پوشش‌دهی شده با پوشش‌خوراکی فعال در نیمه اول دوره نگهداری به شدت افزایش یافت و در نهایت تعداد باکتری‌های در پایان زمان نگهداری نسبت به روز اول بطور چشمگیری افزایش پیدا کرد که با نتایج مطالعه ما مطابقت دارد. علت کم بودن تعداد باکتری‌های *سودوموناس* در پنیر با پوشش حاوی نانوذرات شاید بدلیل عملکرد بهتر این پوشش در کاهش نفوذپذیری به گازها و جلوگیری از انتقال اکسیژن به داخل بافت پنیر باشد که در نتیجه اکسیژن را از دسترس باکتری‌های *سودوموناس* خارج کرده است. راموس و همکاران (۲۰۱۲) و ال سی سی و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را در پنیر راس گزارش کردند. آنها نشان دادند که رشد میکروبی در پنیر راس پوشش‌دهی شده با کیتوزان کاهش یافت علت آن را به کاهش غلظت اکسیژن در داخل پنیر به‌دلیل اثر ممانعت‌کنندگی پوشش کیتوزان در مقابل نفوذ اکسیژن به داخل پنیر دانستند. همچنین پوشش‌های دارای نانو اکسید روی مانع رشد کپک‌ها در سطح نمونه‌های پنیر چدار گردید. نتایج مشابهی توسط یوسف و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش شده است. آنها نیز نشان دادند که پوشش بیونانوکامپوزیتی حاوی مخلوط کیتوزان و پلی وینیل الکل دارای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم رشد کپک‌ها را در سطح پنیر از بین برد (Youssef et al., 2019). رشد کپک‌ها بر روی پنیر یک مشکل اساسی در طول زمان رسیدن و نگهداری در انبار سرد است، زیرا موجب تغییر طعم در پنیر می‌شود (Tatlisu et al., 2019). ال سی سی و همکاران (۲۰۱۵) نیز از افزایش تعداد مخمر در پنیر راس پوشش‌دهی شده با کیتوزان طی ۱۲۰ روز نگهداری خبر دادند (El-Sisi et al., 2015) که مطابق با نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌باشد.

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های پنیر

در این تحقیق نیز در تمام نمونه‌ها در طول نگهداری pH به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0.01$). تحقیقات زیادی نشان داده است که تولید اسیدهای آلی مثل لاکتیک اسید و استیک اسید در اثر فعالیت باکتری‌های لاکتیک اسید استارتری و غیراستارتری طی دوره نگهداری پنیر، می‌تواند منجر به افزایش اسیدیته و کاهش pH شود (Henriques et al., 2011). از طرفی دلیل عدم معنی دار بودن pH در برخی زمان‌های نگهداری، شاید به‌دلیل حل شدن بیشتر گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر پنیر و بدنبال آن ایجاد اثرات بافری در نتیجه نفوذ پذیری کم پوشش‌ها نسبت به گاز دی‌اکسیدکربن باشد (Di pierro et al., 2011).

درصد نمک و چربی در تمامی نمونه‌های پنیر چدار در طول رسیدن تا ۶۰ روز بطور معنی‌داری افزایش و رطوبت

کاهش پیدا کرد ($P<0.01$). اما سپس، به جز نمونه با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی، در سایر تیمارها تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد. در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار نمک و چربی و کمترین مقدار رطوبت مربوط به نمونه با پوشش موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد نانو اکسید روی بود. احتمالاً به علت کم بودن رطوبت نسبی محیط نگهداری پنیرها، انتقال رطوبت از پنیر به محیط، موجب کاهش رطوبت و افزایش نمک و چربی در نمونه‌های پنیر شده استکه بسته به نوع پوشش این تغییرات متفاوت بود. در طول زمان نگهداری پنیر چدار، رطوبت، چربی را در ماتریکس پنیر جایگزین خود نموده و با کاهش رطوبت، چربی پنیر افزایش پیدا می‌کند (Cooke et al., 2013). نتایج مشابهی توسط ال سی سی و همکاران (۲۰۱۵) در پنیر کاشار و کوک و همکاران (۲۰۱۳) در پنیر چدار گزارش شده است (El-Sisi et al., 2015; Cooke et al., 2013). طبق نظر این محققان، سطوح چربی و رطوبت در پنیر می‌توانند با یکدیگر نسبت عکس داشته باشند. موآتسوآ و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را در خصوص افزایش درصد چربی پنیر در ارتباط با کاهش رطوبت طی زمان رسیدگی ارائه نمودند (Moatsou et al., 2015). سلیمانی رامبد و همکاران (۲۰۱۸) و پورمولایی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که در طی دوره رسیدن رطوبت نمونه‌ها پنیر چدار کاهش و نمک افزایش یافت. کاهش درصد رطوبت و افزایش نمک در طول نگهداری پنیرهای مختلف گزارش شده است (Sabbah et al., 2019; Cooke et al., 2013; Costa et al., 2019). ال سی سی و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که رطوبت پنیر راس پوشش‌دهی شده با کیتوزان طی ۱۲۰ روز نگهداری کاهش یافت (El-Sisi et al., 2015). اگرچه نفوذپذیری بخار آب فیلم‌های موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانواکسید روی کمتر از فیلم موسیلاژ ریحان بدون نانوذرات بود (Kheirkhah foghara et al., 2020) اما سرعت ازدست دادن آب در تمام نمونه‌های پنیر یکسان بوده و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

در این راستا یوسف و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که پوشش بیونانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، موجب کاهش وزن و رطوبت نمونه‌های پنیر راس در طول نگهداری شد (Youssef et al., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از شمارش میکروبی نمونه‌های پنیر نشان داد که موسیلاژ حاوی نانواکسید روی بدلیل توانایی در کنترل تکثیر میکروبی، بدون اینکه بر باکتری‌های استارتری پنیر چدار اثر گذارد، باکتری‌های مزوفیل هوازی، *سودوموناس*، کپک‌ها و مخمرهای پنیر را کاهش داد. همچنین نمک و چربی در همه نمونه‌های پنیر چدار در طول رسیدن افزایش و رطوبت کاهش پیدا کرد ($P<0.01$). در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار چربی و نمک و کمترین مقدار رطوبت مربوط به نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد نانواکسید روی بود. اگرچه نفوذپذیری بخار آب فیلم‌های موسیلاژ دانه ریحان حاوی نانواکسید روی کمتر بود اما سرعت از دست دادن آب در همه نمونه‌های پنیر یکسان بود. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد که پوشش تاثیر منفی بر امتیاز طعم نمونه‌های پنیر ندارد.

منابع

۱. امامی فر، آریو. (۱۳۹۷). ارزیابی تاثیر پوشش خوراکی نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی انگور سیاه طی انبارداری. فناوری های نوین غذایی، سال ۵ شماره ۴، صفحه ۶۸۰-۶۶۳.

۲. نبی زاده، فرناز.، خسروشاهی اصل، اصغر.، زمردی، شهین و اسمعیلی، محسن. (۱۳۹۵). تاثیر صمغ کتیرا و آغازگر تولید کننده اگزوپلی ساکارید بر خصوصیات کیفی، بافتی و ریزساختاری پنیر چدار. پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۶ شماره ۳، صفحه ۳۵۷-۳۶۷.

3. Asensio C. M, Grosso N. R and Juliani H. R. 2015. Quality preservation of organic cottage cheese using oregano essential oils. LWT – Food Sci Technol. 60: 664–671.

4. Broadbent J. R, Brighton C, Mcmahon D. J, Farkye N. Y, Johnson M. E and Steele J. L. 2013. Microbiology of cheddar cheese made with different fat contents using a *Lactococcus lactis* single-strain starter. J Dairy Sci. 96: 4212–4222.

5. Cooke D. R, Khosrowshahi A and McSweeney P. L. H. 2013. Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat cheddar cheese. Dairy Sci Technol. 93: 45-62.

6. Costa M. J, Maciel L. C, Teixeira J. A, Vicente A. A and Cerqueira M. A. 2018. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. Food Res Int.107: 84-92.

7. Castle L, Kelly M and Gilbert J. 1993. Migration of mineral hydrocarbons into foods. 3. Cheese coatings and temporary casings for skinless sausages. Food Addit Contam.10: 175-184

8. Di Pierro P, Sorrentino A, Mariniello L, Giosafatto C.V.L and Porta R. 2011. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. Food Sci Technol. 44: 2324-2327.

9. Díez-Pascua A. M. 2019. Synthesis and applications of biopolymer composites. Int J Molecular Sci. 20: 1-7.

10.El-Sisi A.S, Mohamed Gapr E. S and Kamaly K. M. 2015. Use of Chitosan as an Edible Coating in RAS Cheese. Biolife. 3: 564-570.

11.Emamifar A, Kadivar M, Shahedi M and Soleimanian-Zad S. 2010. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. Innov Food Sci Emerg. 114: 742–748.

12. Henriques M, Santos G, Rodrigues A, Gomes D, Pereira C and Gil M. 2011. Replacement of conventional cheese coatings by natural whey protein edible coatings with antimicrobial activity. J Hyg Eng. 34-47.

13. Incoronato A. L, Conte A, Buonocore G. G and Del Nobile M. A. 2014. Agar hydrogel with silver nanoparticles to prolong the shelf life of Fior di Latte cheese. J Dairy Sci. 94: 1697-1704.

14. Kheirkhah foghara S, Jafarian S, Zomorodi Sh, Khosrowshahi asl A and Roozbeh Nasiraei L. 2020. Fabrication and characterization of an active bionanocomposite film based on basil seed mucilage and ZnO nanoparticles. J Food Meas Charact. https://doi.org/10.1007/s11694-020-00588-w

15. Khorshidian N, Yousefi M, Khanniri E and Mortazavian A. M. 2017. Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. Innov Food Sci Emerg. 45: 62-72.

16. Li L. H, Deng J. C, Deng H. R, Liu Z. L and Li X. L. 2010. Preparation, characterization and antimicrobial activities of chitosan/Ag/ZnO blend films. Chem Eng J. 160: 378-382.

17. Lucera A. M, Mastromatteo M, Conte A, Zambrini A.V and Faccia M. 2014. Effect of active coating on microbiological and sensory properties of fresh mozzarella cheese. Food Packag Shelf Life. 1: 25-29.

18. Moatsou G, Moschopoulou E, Beka A and Tsermoula P. 2015. Effect of natamycin-containing coating on the evolution of biochemical and microbiological parameters during the ripening and storage of ovine Hard-Gruyere-type cheese. Int Dairy J. 50: 1-8.

19. Naknaen P. 2014. Utilization possibilities of antimicrobial biodegradable packaging produced by poly butylene succinate modified with zinc oxide nanoparticles in fresh-cut apple slices. Int Food Res J. 21: 2413–2420.

20. Nazir S, Wani I. A and Masoodi F. A. 2017. Extraction optimization of mucilage from Basil *Ocimum basilicum* L. seeds using response surface methodology. J Adv Res. 8: 235–244.

21. Peterson S. D and Marshall R.T. 1990. Nonstarter lactobacilliin Cheddar cheese: A review. J Dairy Sci. 73: 1395–1410.

22. Pourmolaie H, Khosrowshahi Asl A, Ahmadi M, Zomorodi S and Naghizadeh Raeisi S. 2018. The effect of guar and tragacanth gums as edible coatings in Cheddar cheese during ripening. J Food Saf. 80: 1-9.

23. Sabbah M, Di Pierro P, Dell'Olmo E, Arciello A and Porta R. 2019. Improved shelf-

life of Nabulsi cheese wrapped with hydrocolloid films. Food Hydrocoll. 96: 29-37.
24. Siddiqi K.S; Rahman A and Husen A. 2018. Properties of zinc oxide nanoparticles and their activity against microbes. Nanoscale Res Lett. 13: 141.
25. Sogvar O.B, Koushesh Saba M, Emamifar A and Hallaj R. 2016. Influence of nano-ZnO on microbial growth bioactive content and postharvest quality of strawberries during storage. Innov. Food Scie Emerg Technol. 35: 168–176.
26. Soleimani-Rambod A, Zomorodi SH, Naghizadeh Raeisi SH, Khosrowshahi asl A and Shahidi S. A. 2018. The Effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. Coating. 80: 1-13.
27. Tatlisu N. B, Yilmaz M. T and Arici M. 2019. Fabrication and characterization of thymol-loaded nanofiber mats as a novel antimould surface material for coating cheese surface. Food Packag Shelf Life. 21: 1-10.
28. Trmčić A, Chauhan K, Kent DJ, Ralyea R. D, Martin N. H, Boor K. J and Wiedmann M. 2016. Coliform detection in cheese is associated with specific cheese characteristics but no association was found with pathogen detection. J Dairy Sci. 998: 6105–6120.
29. Ulpathakumbura C. P, Senaka Ranadheera C, Senavirathne N. D and Jayawardene L.P.I.N.P. 2016. Effect of biopreservatives on microbial physicochemical and sensory properties of Cheddar cheese. Food Biosci. 13: 21–25.
30. Youssef A.M, Assem F. M, Abdel-Aziz M. E, Elaaser M, Ibrahim O.A, Mahmoud M, Abd El-Salam M.H. 2019. Development of bionanocomposite materials and its use in coating of Ras cheese. Food Chem. 270: 467–475.

The antimicrobial effect of basil seed mucilage-ZnO nanocomposite coating on the quality of cheddar cheese during ripening

Kheirkhah Foghara S[1], Jafarian S[1], Zomorodi Sh[2*], Roozbeh L[1], Khosrowshahi asl A[3]

1. Department of Food Science & Technology Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.
2. Department of Animal Science Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Meraj Salmas Institute of Higher Education, Salmas, Iran.

***Corresponding author:** *s.zomorodi@areeo.ac.ir*

Received: 10 September 2020 Accepted: 10 December 2020

Abstract

Cheddar cheese is a hard type of cheese. It is coated traditionally with a special wax. Commercial coating materials which are used for coating are non-edible as a result they are undesirable due to environmental pollution and allergies caused in some consumers. Today, biodegradable films are receiving more attention. In this study, the effect of edible coating of basil seed mucilage containing zinc oxide nanoparticles (ZnO-NP) in three levels of zero, 0.25, and 0.5% on the quality properties of cheddar cheese was investigated during ripening for 90 days. The results of experiments showed that at the end of ripening, the highest amount of salt and fat and the lowest amount of moisture were related to the sample with mucilage coating containing 0.5% of ZnO-NP. Also, during ripening, in all samples, the number of non-starters lactic acid bacteria increased, but the number of starter bacteria increased first and then decreased (P<0.01). Also, in all treatments, the total number of mesophilic aerobic bacteria, Pseudomonas, mold, and yeast increased significantly during storage, which was the lowest in samples with a coating containing ZnO-NP (P<0.01). In addition, ZnO-NP coatings prevented mold growth on the surface of cheddar cheese samples. According to the results obtained from this study, basil seed mucilage containing 0.5% ZnO-NP can be used as a coating in cheddar cheese without any adverse effect on the flavor of the cheese.

Keywords: Basil seed mucilage; Cheddar cheese; Nanocoating; Zinc oxide nanoparticles, Microbial quality.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

Copyright © 2021 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.