مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال شانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۲۰-۱۱۱

تأثیر شستشو و پوشش نانوکامپوزیت فعال کربوکسی‌متیل سلولز حاوی نانو رس و عصاره مرزنجوش (*Origanum vulgare* L) بر کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ طی دوره نگهداری در شرایط سرد (۱±۴° C)

مونا احسان[۱]، داریوش خادمی شورمستی[۲]

۱- کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه ازاد اسلامی، سوادکوه، ایران. پست الکترونیکی: Dkhademi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: تخم‌مرغ با دارابودن مواد مغذی در محتویات و منافذ زیاد در پوسته، مستعد فساد شیمیایی و میکروبی است. جهت حفظ کیفیت آن، رهیافت‌هایی مبتنی بر غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها در پوسته و پوشش‌دهی استفاده شد. لذا در این پژوهش، تأثیر بکارگیری شستشو با آب و پوشش‌دهی پوسته با استفاده از پوشش نانوکامپوزیت فعال کربوکسی‌متیل سلولز حاوی نانورس و عصاره مرزنجوش بر کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ بررسی شد.

مواد و روش‌ها: تخم‌مرغ‌ها طی یک دوره نگهداری ۴ هفته‌ای در دمای یخچال (۱±۴°C) در ۴ گروه شامل شاهد (بدون شستشو و بدون پوشش)، بدون شستشو و پوشش‌دار، شسته و بدون پوشش، شسته و پوشش‌دار در ۳ تکرار، تیمار شدند. فراسنجه‌های ارزیابی فیزیکی، شیمیایی و میکروبی بر روی پوسته، سفیده و زرده تخم‌مرغ به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در پایان دوره نگهداری کمترین شمارش کلی میکروبی پوسته (۰/۸۰ log cfu/ml)، کمترین درصد افت وزنی (۱/۰۱ درصد)، کمترین pH سفیده (۷/۷۱)، بیشترین میانگین واحدها و (۴۳/۸۲) و اندیس زرده (۰/۳۴) در تخم‌مرغ‌های شسته و پوشش‌دار دیده شد (P<۰/۰۵). تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری در ضخامت پوسته نداشتند اما استحکام پوسته در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار به‌طور معنی‌داری از گروه‌های فاقد پوشش بیشتر بود (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد شستشو به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کیفی تخم‌مرغ نداشت.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی می‌توان از شستشو با آب همراه با بکارگیری پوشش نانوکامپوزیت فعال بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز جهت بهبود و حفظ کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ طی دوره نگهداری ۴ هفته‌ای در دمای یخچال، استفاده کرد.

واژگان کلیدی: پوشش نانوکامپوزیت فعال، تخم‌مرغ، شستشو، کیفیت داخلی، ماندگاری

• مقدمه

تخم‌مرغ یکی از غنی‌ترین و مغذی‌ترین مواد غذایی شناخته شده انسان است که تازگی، سهم عمده‌ای در ارزیابی کیفی آن دارد. پس از تخم‌گذاری، فساد تخم‌مرغ‌ها به دلایل مختلف از جمله از دست دادن گاز (CO_2 ، بخار آب)، تغییر pH، حرکت آب از سفیده غلیظ به لایه‌های دیگر سفیده و زرده و ورود میکروارگانیسم‌ها از طریق منافذ آغاز می‌شود. این فرآیند اجتناب ناپذیر و مداوم است و می‌تواند با برآورده نشدن الزامات نگهداری مانند دما و طول دوره نگهداری، بدتر شود. همواره شستشوی تخم‌مرغ به‌دلیل حذف کوتیکول به‌عنوان اولین خط دفاعی تخم‌مرغ سالم نسبت به تبادلات جرمی و میکروارگانیسمی با نگرانی‌هایی همراه بوده است. بیان شده است که شستشو موجب برهم خوردن یکپارچگی کوتیکول شده، منجر به نفوذ میکروبی بیشتر از خارج به داخل تخم‌مرغ از دست‌دادن سریع‌تر کیفیت تخم‌مرغ می‌شود (۱). محققان در تجزیه و تحلیل جدیدتر پوسته و کوتیکول ناشی از شستشو، هم آسیب کوتیکول و هم عدم تغییر در ساختار کوتیکول را

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

گزارش کرده‌اند (۲،۳). از سوی دیگر روش‌های ارزان و در عین حال مؤثر، مانند پوشش‌دهی پوسته، برای حفظ کیفیت داخلی و جلوگیری از آلودگی میکروبی تخم‌مرغ پیشنهاد شده است. بدین منظور پلیمرهای طبیعی مانند کیتوزان، پکتین، کربوکسی‌متیل سلولز جهت ارزیابی کیفی تخم‌مرغ طی دوره نگهداری مورد استفاده قرار گرفتند (۸-۴).

کربوکسی‌متیل سلولز (E466) از مشتقات سلولز است که از زنجیره‌های خطی واحدهای گلوکوزیدی بتا ۱و ۴ با جایگزینی متیل و کربوکسیل تشکیل شده است. اسید اولئیک می‌تواند به‌طور مؤثری خواص آب‌گریزی فیلم‌های کربوکسی‌متیل سلولز را افزایش داده، خواص نرم‌کنندگی مناسبی بر روی فیلم نشان دهد (۹). کاربرد فنآوری نانو و تشکیل نانوکامپوزیت‌ها در لفاف‌های بیوپلیمری می‌تواند امکان جدیدی را برای بهبود خواص این محصولات فراهم کند. نشان داده شد که استفاده از نانورس موجب افزایش کارایی پوشش نانوکامپوزیت شد (۱۰). همچنین نانوکامپوزیت‌ها، کارایی مواد ضدباکتریایی طبیعی همانند عصاره‌های گیاهی در بسته‌بندی را که می‌توانند درون لفاف‌های نانوکامپوزیت ترکیب شوند، افزایش می‌دهند (۱۱). بیوپلیمرها از جمله کربوکسی‌متیل سلولز می‌توانند به‌عنوان یک حامل مناسب برای ترکیبات ضدمیکروبی و ضداکسیدانی طبیعی استفاده شوند. عصاره و اسانس‌های گیاهی و اجزای آن‌ها نتایج امیدوار کننده‌ای را در برابر بسیاری از عوامل بیماری‌زا و میکروارگانیسم‌های فساد ایجاد کرده‌اند.

مرزنجوش (*Origanum vulgare* L) گیاهی از تیره‌ی نعنائیان (Lamiaceae) است. تاکنون طیف وسیعی از ترکیبات فعال دارویی از جمله فلاونوئیدها، تانن‌ها، گلیکوزیدها، استرول‌ها، ویتامین‌ها و ترکیبات ترپنوئیدی موجود در اسانس از این گیاه، شناسایی و استخراج شده‌اند. یافته‌ها نشان داد که مواد مؤثره مرزنجوش دارای خواص ضدمیکروبی و ضداکسیدانی است. مطالعات فارماکولوژیکی نشان دهنده پتانسیل بالای ضداکسیدانی مرزنجوش به‌دلیل وجود مونوترپن‌های فنولی مانند تیمول، کارواکرول و برخی از ترکیبات فنولی مانند اریگانوزاید و رزمارینیک اسید می‌باشد (۱۲).

به‌منظور بررسی تأثیر شستشو با آب و بکارگیری پوشش نانوکامپوزیت کربوکسی‌متیل سلولز حاوی نانورس و عصاره مرزنجوش بر فراسنجه‌های کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ‌های نگهداری شده در دمای یخچال، پژوهش حاضر طراحی و اجرا شد. هدف از بکارگیری عصاره مرزنجوش علاوه بر بهره‌مندی از مزایای ضدمیکروبی و ضداکسیدانی آن، ایجاد بوی مطبوع پوشش مورد استفاده و در نهایت بهبود بازارپسندی تخم‌مرغ‌ها بود.

• مواد و روش‌ها

تهیه مواد: در این مطالعه کربوکسی‌متیل سلولز با متوسط وزن مولکولی ۴۱۰۰۰ گرم بر مول، نانو مونت‌موریلونیت (MMT, K10) محصول شرکت سیگما آلدریچ (sigma-aldrich chemicals). اسید اولئیک، گلیسرول، توئین ۸۰، سایر مواد شیمیایی و محیط کشت‌های مورد نیاز با درجه خلوص تجزیه‌ای از شرکت مرک (Darmstadt, Germany) تهیه شدند. گیاه مرزنجوش از عطاری معتبر محلی خریداری و پس از انتقال به آزمایشگاه گیاه‌شناسی، از نظر علمی مورد تأیید قرار گرفت. تخم‌مرغ‌های تولیدی مرغ‌های تخم‌گذار از سویه تجاری های‌لاین W-36 در هفته ۴۰ تولید از یک مزرعه پرورش مرغ تخم‌گذار واقع در اطراف شهرستان ساری خریداری شد.

تهیه عصاره: جهت عصاره‌گیری ابتدا ساقه و برگ خشک شده گیاه توسط آسیاب برقی خانگی (پارس خزر، ایران) پودر و از الک (شماره ۳۵ سایز چشمه ۵۰۰ میکرون) عبور داده شدند. عصاره‌گیری به‌روش خیساندن و با حلال اتانول (۹۹/۸ ٪) انجام شد. محلول بدست‌آمده با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شده و توسط دستگاه تقطیر در خلأ چرخان (Laorota 4000 efficient, Heidolph) عمل تغلیظ تا رسیدن به حدود ۵۰ ٪ مقدار اولیه عصاره ادامه یافت و پس از اتمام عصاره‌گیری، ماده بدست‌آمده تا هنگام مصرف در یخچال (C °۱±۴) نگهداری شد (۱۳).

آماده سازی محلول پوششی: برای تهیه محلول پوششی، ابتدا ۲۰ گرم پودر کربوکسی‌متیل سلولز به‌همراه ۱۵ میلی‌لیتر اسید اولئیک، توئین ۸۰ وگلیسرول (۵۰ ٪ وزنی- وزنی) به ۱ لیتر آب اضافه شد. محلول روی گرم‌کننده مجهز به همزن مغناطیسی به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. جداگانه محلول نانورس ۳/۵ درصد وزنی-وزنی در دمای محیط تهیه گردید. در مرحله بعد محلول کربوکسی‌متیل سلولز به‌آرامی به محلول نانورس اضافه شده و به مدت ۴ ساعت عمل همزدن ادامه یافت. پس از سرد شدن محلول، عصاره مرزنجوش با غلظت ۲ ٪ حجمی- حجمی به محلول پوششی کامپوزیتی اضافه شد و به‌مدت ۲ دقیقه عمل همزدن به‌کمک دستگاه هموژنایزر (Dragon، مدل D500، چین) با ۹۰۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت تا عصاره به‌طور یکنواخت در ماتریس پوشش پخش شوند (۱۴).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

تیمارهای آزمایشی: تعداد ۱۲۰ عدد تخم‌مرغ خوراکی با میانگین وزن تقریبی ۶۰ گرم که از طریق نوربینی از عدم شکستگی پوسته آن اطمینان حاصل شده بود، انتخاب و با رعایت اصول بهداشتی به آزمایشگاه منتقل شد. تخم‌مرغ‌ها به‌طور تصادفی در ۴ تیمار آزمایشی شامل تخم‌مرغ‌های بدون شستشو و فاقد پوشش (شاهد)، بدون شستشو و پوشش‌دهی شده، شسته شده با آب معمولی بدون پوشش و شسته شده و پوشش داده شده به‌مدت ۴ هفته در دمای یخچال (۴±۱°C) نگهداری شدند. نمونه‌گیری هفتگی جهت انجام آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی صورت گرفت. جهت شستشو، تخم‌مرغ‌ها به‌مدت ۲ دقیقه با آب معمولی شسته شده و به‌مدت ۱ دقیقه خشک شدند. پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری انجام شد. تخم‌مرغ‌ها به‌مدت ۱ دقیقه در محلول پوششی غوطه‌ور شده و سپس خشک شدند (۱۵).

آزمون میکروبی: جهت ارزیابی تغییرات شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی در سطح پوسته تخم‌مرغ، نمونه‌های تخم‌مرغ هر تیمار در کیسه پلاستیکی مخصوص (Nasco Whirl-Pak, Fort Atkinson، آمریکا) حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول پپتون ۰/۱ درصد قرار گرفته و به‌مدت ۱ دقیقه با دست تکان داده شدند تا باکتری‌ها از آن آزاد شوند. نمونه‌های محلول پوسته فوق رقیق شده با استفاده از محیط پلیت کانت آگار (PCA) و روش کشت آمیختنی (Pour plate) از نمونه‌ها کشت و به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. سپس پلیت‌ها شمارش و محاسبه باکتری‌ها انجام شد (۱۶).

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

افت وزنی: ابتدا وزن اولیه تخم‌مرغ‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم (AND FA 2104، آمریکا) تعیین شد. وزن نهایی در پایان هر هفته اندازه‌گیری شد. با استفاده از این داده‌ها، درصد کاهش وزن تخم‌مرغ (WL) از تقسیم اختلاف بین وزن اولیه و وزن نهایی به وزن اولیه تخم‌مرغ محاسبه شد (۱۷).

واحد هاو: برای تعیین واحد هاو، تخم‌مرغ‌ها در صفحه شیشه‌ای مسطح شکسته شدند تا ارتفاع سفیده با استفاده از کولیس دیجیتال (INSIZE، آلمان) اندازه‌گیری شود. مقادیر اندیس هاو (HU)، با استفاده از فرمول $HU= 100 \log (H+7.57-1.7\ W^{0.37})$ محاسبه شد که در آن H ارتفاع سفیده (میلی‌متر) و W وزن تخم‌مرغ (گرم) است (۱۷).

اندیس زرده: جهت ارزیابی این شاخص، پس از جدا کردن زرده از سفیده، با استفاده از میکرومتر دیجیتال (Guanglu، چین)، ارتفاع و قطر زرده اندازه‌گیری شد. اندیس زرده (YI) با استفاده از فرمول $YI= h/d$ که در آن h ارتفاع زرده (میلی‌متر) و d قطر زرده (میلی‌متر) است، تعیین شد (۱۸).

pH آلبومین: برای تعیین pH سفیده، حدود ۲ گرم از نمونه در ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه همگن شد و با pHمتر دیجیتال (ATAGO, DPH-2، ژاپن) اندازه‌گیری شد.

استحکام و ضخامت پوسته: استحکام پوسته با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA-XT plus، انگلستان) مجهز به سلول بارگیری ۱۰ کیلوگرمی و دیسک فشرده سازی آلومینیومی با قطر ۷/۶ سانتی‌متر (TA-30) اندازه‌گیری شد. تخم‌مرغ در قسمت نگهدارنده تخم‌مرغ ثابت شدند. از تست سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه و نیروی محرک ۰/۰۰۱ کیلوگرم استفاده شد (۱۹). همچنین ضخامت پوسته با استفاده از میکرومتر (Guanglu، چین) به صورت میانگین اندازه ضخامت ۳ نقطه از پوسته تعیین شد (۲۰).

آزمون آماری: در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار، داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ به روش آنالیز واریانس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 ترسیم شدند.

• یافته‌ها

آزمون میکروبی: نتایج آزمون میکروبی بر روی پوسته تخم‌مرغ در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد پوشش‌دهی، موجب کاهش معنی‌دار شمارش کلی میکروبی شد. در روز پایانی دوره نگهداری، شمارش کلی میکروبی تخم‌مرغ‌های شسته شده و پوشش‌دهی شده به‌طور معنی داری کمتر بود ($P<0/05$). شستشو موجب تفاوت آماری معنی‌داری در شمارش کلی میکروبی پوسته تخم‌مرغ نشد.

افت وزنی: بررسی تغییرات میانگین درصد کاهش وزن تخم‌مرغ که در جدول ۲ آمده است، نشان داد این شاخص تحت تأثیر معنی‌دار زمان نگهداری و تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ($P<0/05$). کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های گروه شاهد از ۰/۲۱ درصد در هفته اول به ۳/۱۳ درصد در هفته پایانی رسید در حالی‌که این شاخص در تخم‌مرغ‌های شسته و پوشش‌دار به ۱/۰۱ درصد رسید.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

جدول ۱. تغییرات میانگین شمارش کلی میکروبی (TVC؛ لگاریتم کلنی در میلی‌لیتر) پوسته تخم‌مرغ در تیمارهای آزمایشی طی دوره نگهداری در دمای یخچال

تیمارهای آزمایشی	دوره نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
شاهد	۲/۱۰±۰/۰۰ aA	۲/۱۰±۰/۰۵ aA	۲/۰۰±۰/۱۰ aAB	۱/۹۰±۰/۰۵ aB	۱/۹۵±۰/۱۰ aB
شسته بدون پوشش	۲/۱۰±۰/۰۰ aA	۲/۰۰±۰/۱۰ aA	۱/۹۵±۰/۰۰ aAB	۱/۹۰±۰/۰۰ aB	۱/۹۰±۰/۱۰ aB
بدون شستشو با پوشش	۲/۱۰±۰/۰۰ aA	۱/۸۵±۰/۱۰ bB	۱/۵۰±۰/۰۰ bC	۱/۱۵±۰/۰۰ bD	۱/۰۰±۰/۰۰ bD
شسته با پوشش	۲/۱۰±۰/۰۰ aA	۱/۵۵±۰/۰۵ bB	۱/۲۰±۰/۰۵ bC	۰/۹۰±۰/۰۵ bD	۰/۸۰±۰/۰۰ bD

حروف کوچک متفاوت در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت در هر سطر بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

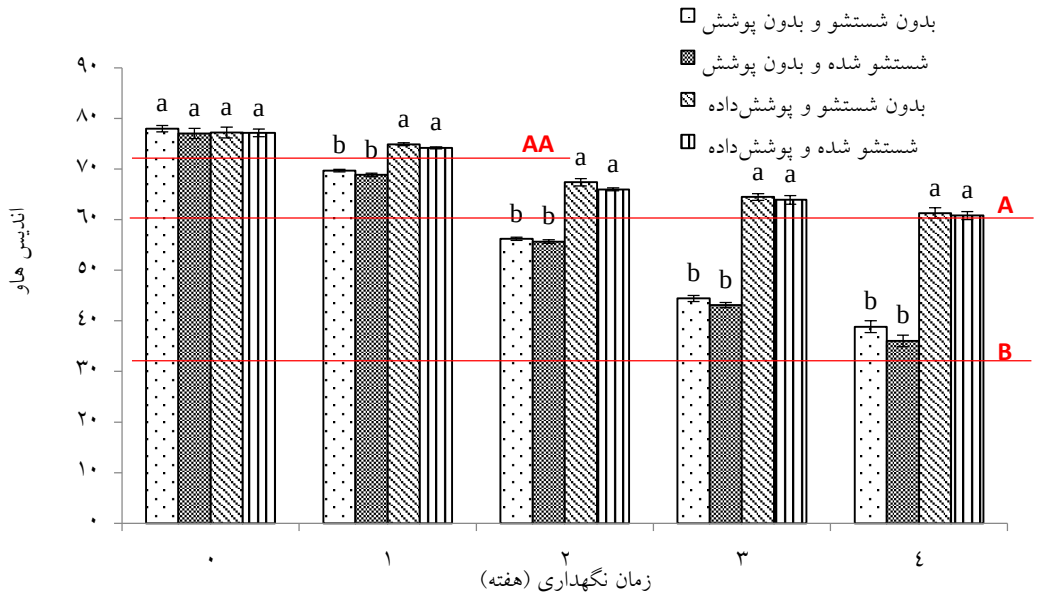
جدول ۲. تغییرات میانگین افت وزنی (درصد) تخم‌مرغ در تیمارهای آزمایشی طی دوره نگهداری در دمای یخچال

تیمارهای آزمایشی	دوره نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال (روز)			
	۷	۱۴	۲۱	۲۸
شاهد	۰/۲۱±۰/۰۰ aD	۰/۸۶±۰/۰۵ aC	۲/۵۳±۰/۱۰ aB	۳/۱۳±۰/۱۰ aA
شسته بدون پوشش	۰/۱۲±۰/۰۱ aD	۰/۷۶±۰/۰۵ aC	۲/۲۲±۰/۰۵ aB	۲/۹۰±۰/۱۵ aA
بدون شستشو با پوشش	۰/۰۳±۰/۰۲ bC	۰/۳۸±۰/۰۳ bB	۱/۱۶±۰/۰۵ bA	۱/۲۲±۰/۱۰ bA
شسته با پوشش	۰/۰۲±۰/۰۰ bC	۰/۲۵±۰/۰۵ bB	۰/۸۵±۰/۰۵ bA	۱/۰۱±۰/۰۵ bA

حروف کوچک متفاوت در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت در هر سطر بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

وا حد هاو: با افزایش ز مان نگ هداری، ا ندیس هاو به‌طور معنی‌داری در تمامی تیمارهای آزمایشی کاهش یافت (نمودار ۱). روند کاهشی در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار سرعت کمتری داشته و در پایان دوره نگهداری، بیشترین میانگین اندیس هاو در تخم‌مرغ‌های شسته‌شده و پوشش‌دار (۴۳/۸۲ در مقابل ۱۸/۸۵در گروه شاهد) دیده شد (P<۰/۰۵).

اندیس زرده: شرایط مشابهی در رابطه با اندیس زرده در تخم‌مرغ‌های تیمار شده دیده شد (نمودار ۲). اندیس زرده طی دوره نگهداری و در پایان دوره در تخم‌مرغ‌های دارای پوشش بیوکامپوزیتی فعال به‌طور معنی‌داری از سایر گروه‌ها بیشتر (P<۰/۰۵) بود (۰/۳۴ در تخم‌مرغ های پوشش‌دار در مقابل ۰/۲۶ در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش).

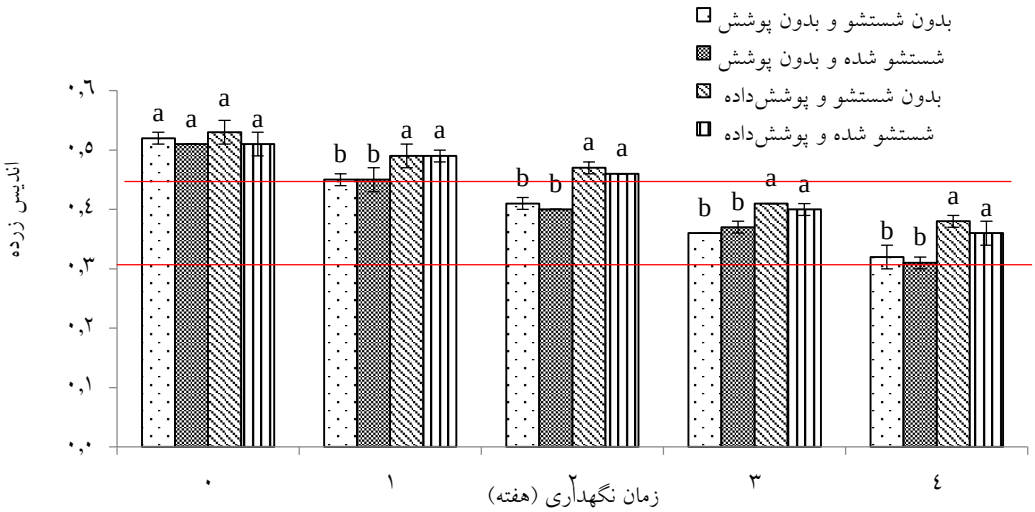


نمودار ۱. میانگین تغییرات اندیس هاو تخم‌مرغ در تیمارهای آزمایشی طی دوره نگهداری در دمای یخچال

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]



نمودار ۲. میانگین تغییرات اندیس زردی تخم‌مرغ در تیمارهای آزمایشی طی دوره نگهداری در دمای یخچال

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

pH آلبومین: همان‌طوری‌که در جدول ۳ نشان داده شده است؛ با افزایش زمان نگهداری، pH سفیده در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش افزایش معنی‌داری داشت و در گروه شاهد از ۷/۹۱ در روز صفر به ۸/۷۹ در پایان دوره افزایش یافت. شستشو تأثیر معنی‌داری بر روی این شاخص نداشت. در مدت مشابه سفیده در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار به‌طور معنی‌داری pH کمتری داشتند (P<۰/۰۵). کمترین مقدار pH (۷/۷۱) در پایان دوره نگهداری در سفیده تخم‌مرغ‌های شسته و حاوی پوشش دیده شد.

ضخامت و استحکام پوسته: میانگین ضخامت پوسته و استحکام پوسته در پایان دوره آزمایشی در جدول ۴ آمده است. تفاوت میانگین ضخامت پوسته تخم‌مرغ از نظر آماری معنی‌دار نبود اما استحکام پوسته تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه های فاقد پوشش بود (P<۰/۰۵). ضمن اینکه در تخم‌مرغ های فاقد پوشش، شستشوی تخم‌مرغ‌ها به‌طور معنی‌داری موجب کاهش استحکام پوسته در روز پایانی نگهداری شد (P<۰/۰۵).

جدول ۳. تغییرات میانگین pH سفیده تخم‌مرغ در تیمارهای آزمایشی طی دوره نگهداری در دمای یخچال

تیمارهای آزمایشی	دوره نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
شاهد	۷/۸۵±۰/۱۰ aB	۸/۲۴±۰/۱۵ aB	۸/۴۸±۰/۱۰ aA	۸/۴۷±۰/۱۵ aA	۸/۷۹±۰/۱۰ aA
شسته بدون پوشش	۷/۸۷±۰/۲۰ aB	۸/۲۰±۰/۱۵ aB	۸/۴۸±۰/۱۵ aA	۸/۵۲±۰/۱۰ aA	۸/۷۵±۰/۱۰ aA
بدون شستشو با پوشش	۷/۸۶±۰/۱۰ aA	۷/۵۳±۰/۲۰ bA	۷/۶۳±۰/۱۰ bA	۷/۶۰±۰/۱۰ bA	۷/۸۲±۰/۱۰ bA
شسته با پوشش	۷/۸۵±۰/۱۵ aA	۷/۴۴±۰/۱۰ bA	۷/۵۱±۰/۲۵ bA	۷/۶۴±۰/۰۵ bA	۷/۷۱±۰/۱۰ bA

حروف کوچک متفاوت در هر ستون و حروف بزرگ متفاوت در هر سطر بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

جدول ۴. میانگین تغییرات ضخامت پوسته تخم‌مرغ (میلی‌متر) و استحکام پوسته (کیلوگرم) در تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی	روز ۲۸ دوره نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال	
	ضخامت پوسته (میلی‌متر)	استحکام پوسته (کیلوگرم)
شاهد	۰/۳۶۰± ۰/۰۱	۲/۷۵۵± ۰/۱۳ b
با شستو بدون پوشش	۰/۳۵۵± ۰/۰۱	۲/۵۹۵± ۰/۱۳ c
بدون شستشو با پوشش	۰/۳۸۸± ۰/۰۱	۲/۹۳۰± ۰/۱۴ a
با شستشو با پوشش	۰/۳۸۵± ۰/۰۱	۲/۸۸۵± ۰/۱۳ a

حروف کوچک متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار است (میانگین± انحراف معیار، P<۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

• بحث

نتایج جدول ۱ نشان داد که استفاده از پوشش مرکب حاوی نانو مونت‌موریلونیت و عصاره مرزنجوش موجب کاهش شمارش کلی میکروبی پوسته طی دوره نگهداری شد. مونت‌موریلونیت، به‌عنوان عمده‌ترین فاز موجود در بنتونیت، دارای توانایی جذب آب، قدرت تورم و ظرفیت تبادل کاتیونی زیادی است. این ماده پس از پراکنش در آب به باکتری‌هایی با بار منفی حمله کرده و آنها را جذب و خواص ضدمیکروبی مواد را تقویت می‌کند. نتیجه تحقیق نشان داد که نمونه‌های فیلم کربوکسی‌متیل سلولز دارای انواع نانوذرات خاک‌رس دارای اثر ضدمیکروبی است (۲۱). تیمول و کارواکرول نقش مهمی در خاصیت ضدباکتریایی مرزنجوش دارند. اثرات بازدارندگی اسانس مرزنجوش بر باکتری‌های بیماری‌زا شامل، *اشریشیا کلی، با سیلوس اورئوس، کلبسیلیا پنمونیا، هلیکوباکتر پیلوری* اثبات شد (۲۲). آلودگی میکروبی از طریق محیط و نیز دست‌کاری، شرایط نگهداری و شستشوی تخم‌مرغ‌ها اجتناب ناپذیر است. هم‌سو با نتایج به‌دست آمده، در تحقیقی نشان داده شد. فرآیند توأم شستشو، ضدعفونی و پوشش‌دهی با روغن گیاهی، مانع از رشد میکروارگانیسم‌ها در تخم‌مرغ‌ها شده و در نتیجه ماندگاری این گروه از تخم‌مرغ‌ها در مقایسه با تخم‌مرغ‌های صرفاً شسته و یا بدون پوشش ۵-۴ برابر افزایش یافته است. ضمن اینکه نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال با کاهش مداوم شمارش کلی میکروبی همراه بود (۱۵). نتیجه تحقیقی نشان داد که شمارش کلی میکروبی در تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز- کتیرا غنی‌شده با عصاره میخک، طی ۳۰ روز نگهداری به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر گروه‌ها بود (۸).

به‌طور کلی، درصد کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها به‌تدریج در طول نگهداری افزایش می‌یابد، که این امر به خروج دی‌اکسید کربن و بخار آب موجود در آلبومین از طریق منافذ متعدد پوسته تخم‌مرغ مربوط می‌شود. از دست دادن دی‌اکسید کربن و رطوبت عامل بسیاری از تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آلبومین و زرده و در نتیجه تخریب تخم‌مرغ‌هاست. بنابراین، میزان کاهش وزن تخم‌مرغ ها شاخص مهمی در کیفیت آن‌هاست (۲۳). تصور می‌شود که آسیب کوتیکول منجر به کاهش وزن بیشتر و کاهش کیفیت در هنگام نگهداری می‌شود. اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد شستشو تأثیر معنی‌داری در افت وزن تخم‌مرغ‌ها نداشت. در طی و پایان دوره نگهداری، تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار افت وزنی کمتری داشتند. همسو با نتیجه این تحقیق، گزارش شد اختلاف آماری معنی‌داری در افت وزنی تخم‌مرغ‌های با و بدون شستشو در هفته ۴ نگهداری در دمای یخچال دیده نشد. اما تخم‌مرغ‌های شسته شده‌ی دارای پوشش روغن معدنی، به‌طور معنی‌داری افت وزنی کمتری داشتند (۱۹). افت وزنی کمتر در تخم‌مرغ های پوشش‌دار ممکن است با این واقعیت که پوشش‌دهی با مسدود کردن منافذ پوسته از خروج رطوبت و گازها جلوگیری می‌کند، در ارتباط باشد. در مشابهت با تحقیقی با استفاده از پوشش روغن گیاهی، در پژوهش حاضر نیز درصد افت وزن تا هفته ۳ نگهداری نسبت به زمان باقی‌مانده تا پایان دوره نگهداری، سریع‌تر بود (۱۵).

واحد هاو شاخص مهمی در کیفیت تخم‌مرغ است و هرچه واحد هاو بیشتر باشد، کیفیت تخم‌مرغ بهتر است. فرضیه‌های متعددی از جمله تجزیه کمپلکس لیزوزیم اوووموسین، کاهش محتوای کربوهیدرات اوووموسین در هنگام نگهداری و افزایش pH ناشی از خروج رطوبت و دی‌اکسید کربن در مورد این پدیده ارائه شده است (۲۴). بر اساس استاندارد درجه‌بندی USDA، تخم‌مرغ با اندیس هاو بیش از ۷۲ به‌عنوان AA، بیش از ۶۰، به‌عنوان A، بیش از ۳۲، به‌عنوان B و کمتر از ۳۱، به‌عنوان C درجه‌بندی می‌شود (۲۵). در این پژوهش کمترین اندیس هاو تخم‌مرغ های پوشش‌دار در هفته چهارم از نظر درجه کیفی (A) گزارش شد که مشابه این اندیس در هفته دوم تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش بود. این امر بیانگر تأثیر مثبت پوشش‌دهی در به‌تأخیر انداختن حداقل ۲ هفته‌ای کاهش کیفی سفیده است که با تحقیق مشابه با استفاده از پوشش کامپوزیت کربوکسی‌متیل سلولز و اسید اولئیک مطابقت داشت (۶). شاخص هاو در نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به نمونه‌های فاقد پوشش بالاتر بود. طوری‌که شاخص هاو در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار در هفته دوم، از درجه AA، به درجه A کاهش یافت و در همان درجه باقی ماند ولی در نمونه‌های بدون پوشش بعد از ۷ روز از درجه AA به درجه A و از هفته سوم به بعد به درجه B رسید. نتایج مشابهی در تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز و نانو رس حاوی عصاره گیاهی و نیز تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش های پروتئینی گزارش شد (۷،۲۶). اندیس هاو در تخم‌مرغ‌های شسته نسبت به گروه شاهد کمتر بود ($P>0/05$). نتایج حاضر در تطابق با نتایج تحقیقات صورت گرفته قبلی بود (۱۹، ۱۵).

اندیس زرده یکی دیگر از شاخص‌های تعیین کیفیت و تازگی تخم‌مرغ در کنار اندیس هاو است که مبتنی بر کیفیت

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

زرده می‌باشد. اندیس زرده ۰/۴۵ بیانگر کیفیت مناسب تخم‌مرغ است (۴). کاهش شاخص زرده طی دوره نگهداری به‌دلیل آبکی شدن و مسطح شدن زرده است که به نفوذ مداوم آب از آلبومین به زرده از طریق غشای ویتلینی ناشی از فشار اسمزی نسبت داده می‌شود (۲۷). فشار اسمزی بین آلبومین و زرده به گرانروی آلبومین مرتبط است که با شکستن کمپلکس لیزوزیم اوموسین کاهش یافت. بنابراین، هنگامی‌که پوشش کامپوزیت مورد استفاده، از دست‌دادن دی‌اکسیدکربن و بخار آب را کاهش می‌دهد و تغییرات ساختاری آلبومین را کند می‌کند، افزایش فشار اسمزی بین آلبومین و زرده کند شده و در نتیجه کیفیت زرده بهبود می‌یابد (۴). نتایج تحقیقی نشان داد که در طی دوره نگهداری، اندیس زرده در تخم‌مرغ های تمیز نشده و پوشش‌دار (۰/۴۴-۰/۳۴) در مقایسه با گروه شاهد (۰/۴۳-۰/۳۲) و تخم‌مرغ‌های تمیز شده و پوشش‌دار بیشتر بود (۲۸). در این پژوهش نیز اندیس زرده در تخم‌مرغ های بدون شستشو و پوشش‌دار اندکی نسبت به تخم‌مرغ‌های شسته و پوشش‌دار بیشتر بود. این نتیجه بیانگر اهمیت کوتیکول و پوشش جهت حفظ کیفیت تخم‌مرغ است. همسو با نتایج تحقیقات مشابه، در این پژوهش نیز تفاوت اندیس زرده در تخم‌مرغ‌های با و بدون شستشو از نظر آماری معنی‌دار نبود (۱۹، ۱۵). در طی دوره نگهداری، اندیس زرده در تمامی گروه‌ها در محدوده استاندارد (۰/۴۵-۰/۳۰) قرار داشت و مطابق یافته های تحقیقات پیشین، در این پژوهش نیز تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار در مقایسه با انواع فاقد پوشش، به‌طور معنی‌داری دارای اندیس زرده بالاتری بودند (۲۹، ۵).

اندازه‌گیری pH سفیده در کنار سایر شاخص‌ها می‌تواند در جهت ارزیابی کیفیت تخم‌مرغ مورد استفاده قرار گیرد. در تخم‌مرغ‌های تازه، سفیده با ۰/۵درصد دی‌اکسید کربن، در حالت اشباع است. خروج تدریجی دی‌اکسید کربن از طریق منافذ پوسته طی دوره نگهداری، منجر به افزایش pH سفیده می‌شود. در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش با افزایش زمان نگهداری، pH سفیده افزایش یافت (۸/۷۹-۷/۸۵) و در این میان تفاوت آماری معنی‌داری بین نمونه‌های با و بدون شستشو دیده نشد. پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها موجب پایداری نسبی pH سفیده شد (۷/۸۵-۷/۷۱) که می‌تواند ناشی از بهبود خواص ممانعتی پوسته و کاهش نرخ خروج دی‌اکسید کربن باشد (۴). نتایج تحقیق حاضر با سایر تحقیقات مشابه در رابطه با تأثیر مثبت استفاده از انواع پوشش‌ها جهت پایداری pH سفیده همخوانی داشت (۳۰، ۲۴، ۶).

اگرچه پوسته تخم‌مرغ به‌عنوان سد حفاظتی طبیعی آن محسوب می‌شود، اما وجود منافذ ریز موجود در پوسته تخم‌مرغ منجر به خروج رطوبت و دی‌اکسید کربن و از طرفی نفوذ میکروارگانیسم‌ها می‌شود که در نتیجه موجب افت کیفیت تخم‌مرغ می‌گردد (۴). لذا کیفیت پوسته از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است. بدیهی است بهبود قدرت و استحکام پوسته، منجر به کاهش تخم‌مرغ‌های حذفی به‌دلیل ترک‌خوردگی یا شکستگی می شود (۲۷). ضخامت پوسته در تخم‌مرغ‌های دارای پوشش مرکب مورد استفاده اندکی بیشتر از گروه‌های فاقد پوشش بود (P>۰/۰۵). بیشترین ضخامت در پوسته‌های پوشش‌دار بدون شستشو و کمترین مقدار در پوسته‌های شسته فاقد پوشش دیده شد. شستشوی تخم‌مرغ با کاهش جزیی ضخامت پوسته، به‌طور معنی‌داری موجب کاهش استحکام پوسته در تخم‌مرغ‌های این گروه شد. در عین حال پوسته در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار، دارای مقاومت بیشتری نسبت به انواع فاقد پوشش بود که با یافته‌های تحقیقات مشابه در مورد پوسته تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز- کتیرا و عصاره میخک و حاوی پوشش‌های پروتئینی مطابقت داشت (۳۰، ۸).

با توجه به نتایج این مطالعه، بکارگیری عصاره مرزنجوش و نانورس با دارا بودن خصوصیات مطلوب ضدمیکروبی و فیزیکی، موجب تولید پوشش مرکب فعال مؤثر بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز شد. شستشوی پوسته به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر بهبود و حفظ کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ نداشت، اما استفاده از پوشش مرکب فعال، تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های مورد ارزیابی داشت. لذا نقش مؤثر استفاده از پوشش مرکب فعال مورد تأیید و تأکید قرار گرفت. بنابراین شستشو با آب همراه با پوشش‌دهی با پوشش مرکب فعال کربوکسی‌متیل سلولز- نانورس حاوی عصاره مرزنجوش جهت نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال حداقل به‌مدت ۴ هفته توصیه می‌شود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

References

1. Okiki P, and Ahmed O. Preservation of quality of table eggs using vegetable oil and shea butter. International Letters of Natural Sciences. 2017; 63: 27-33.
2. Leleu S, Messens W, De Reu K, De Preter S, Herman L, Heyndrickx M, et al. Effect of egg washing on the cuticle quality of brown and white table eggs. Journal of Food Protection. 2011; 74:1649–1654.
3. Liu Y, Chen T, Wu Y, Lee Y, and Tan, F. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. Food Chemistry. 2016; 211:687–693.
4. Xu D, Wang J, Ren D, and Wu X. Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. Coating. 2018; 8: 317.
5. Oliveira GS, dos Santos VM, Rodrigues JC, and Santana AP. Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. Poultry Science. 2020; 99:7207–7213.
6. Mohammadi Sh, Ghanbarzadeh B, Soti M, Ghiasifar Sh, and Jalali SH. Application of carboxymethyl cellulose-based edible active coatings containing oleic acid and antimicrobial compounds to improve the quality and increase egg shelf life. Iranian Food Science and Technology. 2012; 8(2): 235-244 [in Persian].
7. Nasehi B, Barzegar H, Nori M, and Jeldani Sh. Evaluation of the effect of carboxymethyl cellulose coating containing nanoclay and peppermint essential oil on egg storage properties. Iranian Journal of Biosystem Engineering. 2017; 48(2): 229-239 [in Persian].
8. Roudashtian R, Shabani Sh, and Asadi GH. Effect of active coating with carboxymethyl cellulose and tragacanth containing cloves extract on some quality and shelf life of eggs during storage. Food Technology & Nutrition. 2021; 18(2): 121-132 [in Persian].
9. Ghanbarzadeh B, and Almasi H. Investigating of physical properties of carboxymethyl cellulose – oleic acid composite biodegradable edible films. Journal of Food Science and Technology.2009; 6(2): 35-42 [in Persian].
10. Mardani Kiasari M, and Khademi Shurmasti D. Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology. 2020; 106(17): 13-21 [in Persian].
11. Dehghan H, and Roomiani L. Antimicrobial activity of nanoclay films enriched with citrus aurantium essential oil against indicator food borne pathogens in fishery products. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 2020; 14(4):103-111 [in Persian].
12. Morshedloo MR, Ahmadi H, Pirali Hamedani M, and Yazdani D. An over review to *Origanum vulgare* L. and its pharmacological properties. Journal of Medicinal Plants. 2018; 17(4): 15-32 [in Persian].
13. Mozdastan S, Ebrahimzadeh MA, and Khalili M. Comparing the impact of different extraction methods on antioxidant activities of myrtle (*Myrtus communis* L.). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2015; 25(127): 10-24 [in Persian].
14. Ghanbarzadeh B, and Almasi H. Physical properties of edible emulsified based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. International Journal of Biological Macromolecules. 2011; 48: 44-49.
15. Park YS, Yoo IJ, Jeon KH, Kim HK, Chang EJ, and Oh HI. Effects of various eggshell treatments on the egg quality during storage. Asian-Australasian Journal of Animal Science. 2003; 16(8): 1224-1229.
16. Mallmann WL, Dawsan LE, Sultzer BM, and Wright HL. Studies on microbiological methods for predicting self-life of dressed poultry. Food Technology. 1953; 7:122-125.
17. Haugh RR. A new method for determining the quality of an egg. US Egg Poultry. 1937; 39: 27-49.
18. Funk EM. Egg science and technology. In: Egg Science and Technology. WJ, Stadelman and OJ, Cotterill, eds. AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT.1973.
19. Jones DR, Ward GE, Regmi P, and Karcher DM. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. Poultry Science. 2018; 97:716–723.
20. Kopacz M, and Drazbo A. Changes in the quality of table eggs depending on storage method and time. Scientific Annals of Polish Society of Animal Production. 2018; 14(3): 37-45.
21. Zahed Karkaj S, Peighambardoust SJ. Physical, mechanical and antibacterial properties of nanobiocomposite films based on carboxymethyl cellulose/nanoclay. Iranian Journal of Polymer Science and Technology. 2018; 30(6): 557-572 [in Persian].
22. Moulodi F, Alizade Khaledabad M, Mahmoudi R, and Rezazad Bari M. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of essential oil of *Origanum vulgar ssp. Gracile*. Journal of Babol University Medical Science.2018; 20(10): 36-44 [in Persian].
23. Suresh PV, Raj KR, Nidheesh T, Pal GK, and Sakhare PZ. Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. Journal of Food Science and Technology. 2015; 52: 6345–6354.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

24. Jo C, Ahn DU, Liu XD, Kim KH, and Nam KC. Effects of chitosan coating and storage with dry ice on the freshness and quality of eggs. Poultry Science. 2011; 90: 467–472.

25. USDA.United States standards, grades, and weight classes for shell eggs. 2000; AMS 56.210.

26. Suppakul P, Jutakorn K, and Bangchokedee Y. Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. Journal of Food Engineering. 2010; 98: 207–213.

27. Caner C, and Yuceer M. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. Poultry Science. 2015; 94: 1665–1677.

28. Almeida DS, Schneider AF, Yuri FM, Machado BD, and Gewehr CE. Eggshell treatment methods effect on commercial eggs quality. Ciencia Rural. 2016; 46: 336–341 [in Persian].

29. Tajik H, Alabaf-Yoosofi F, and Moradi M. Effects of Edible Zein and Chitosan Coating Assimilated by Oregano Essential Oil on the Quality Parameters of Egg. Journal of Food Industry Research. 2010; 20(1): 73-90 [in Persian].

30. Wong YC, Heralds TJ, and Hachmeister KA. Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. Poultry Science. 1996; 75:417-422.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]

Effects of Washing and Nanocomposite Active Coating of Carboxymethyl Cellulose Containing Nanoclay and Marjoram Extract (*Origanum vulgare* L) on the Internal Quality and Eggshell during Cold Storage

*Ehsan M[1], Khademi Shurmasti D[*2]*

1- Master, Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

*2-*Corresponding author:* Assistant Prof., Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran
Email: dkhademi@gmail.com

Received 4 Jun, 2021 **Accepted 9 Aug, 2021**

Background and Objectives: Eggs are susceptible to chemical and microbial spoilages due to the presence of nutrients in them as well as several pores in their shells. To preserve egg quality, approaches based on inactivation of microorganisms in egg shells and coatings were used. In this study, effects of using water washing and shell coating with active nanocomposite coating of carboxymethyl cellulose containing nanoclay and marjoram extract on the internal quality and egg shell were investigated.

Materials & Methods: Eggs in four groups of control (unwashed and uncoated), washed and uncoated, unwashed and coated, and washed and coated were treated during a 4-week storage time at refrigerator temperature (4 ºC ±1) within three replications. Weekly physical, chemical and microbial parameters were assessed in egg shell, albumen and yolk.

Results: At the end of the storage time, the lowest total microbial viable count of the shell (0.80 log cfu/ml), the lowest proportion of weight loss (1.01%), the lowest albumen pH (7.71), the highest average of Haugh units (43.82) and yolk index (0.34) were reported in washed and coated eggs ($p < 0.05$). Experimental treatments included no significant effects on shell thickness; however, shell strength in coated eggs was significantly higher than that in uncoated groups ($p < 0.05$). Results showed that egg shell washing included no significant effects on the egg quality characteristics, regardless of coating.

Conclusion: In general, washing with water and use of active nanocomposite coating based on carboxymethyl cellulose can be used to improve and preserve egg internal quality and shell during 4-week of storage at refrigerator temperature.

Keywords: Active nanocomposite coating, Egg, Washing, Internal quality, Shelf life

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-10]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1400.16.4.7.6]