

بررسی پوشش دهی پوسته تخم مرغ به وسیله نانوبیو کامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر ذخیره سازی پیش از انکوباسیون و جوجه درآوری

Investigation of eggshell coating with starch-nano titanium dioxide nanobiocomposite and its ultraviolet modification on pre-incubation storage and hatchability

(DOI) شناسه دیجیتال

10.22092/ASJ.2025.369314.2489

نویسنده اول

علی حسنلو؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران،

Ali Hassanloo; Graduated MSc Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

ایمیل: ali_hassanloo_27@yahoo.com

شماره تماس: ۰۹۱۲۵۶۱۱۶۹۱

نویسنده دوم

شهریار خلیل زاده؛ نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز، ایران.

Shahriar Khalilzadeh; [Corresponding Author](#), PhD student in Poultry Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj Branch, Alborz, Iran.

ایمیل: 1980shahriyar@gmail.com

شماره تماس: ۰۹۱۲۱۶۷۷۱۸۷

نویسنده سوم

رویا حسنی؛ دانش آموخته کارشناسی، گروه آب و خاک، آموزشکده عالی امام خمینی، کرج، ایران.

Roya Hassani; Bachelor's degree graduate, Water and Soil Department, Imam Khomeini Higher Education Institute, Karaj, Iran.

ایمیل: royaengagri31068@gmail.com

شماره تماس: ۰۹۳۸۳۹۴۱۱۴۳

بررسی پوشش دهی پوسته تخم مرغ به وسیله نانوبیوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر ذخیره سازی پیش از انکوباسیون و جوجه درآوری

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر پوشش دهی پوسته تخم مرغ به وسیله نانوبیوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر صفات کیفی تخم مرغ، درصد جوجه درآوری و کیفیت جوجه های یک روزه سویه راس ۳۰۸ انجام شد. در این آزمایش تعداد ۲۵۰ تخم مرغ نطفه دار تازه از گله ۵۶ هفته پس از پوشش دهی پوسته، به مدت ۱۴ روز در دمای زیر ۲۱ درجه سلسیوس ذخیره سازی شدند و پس از آن به دستگاه جوجه کشی منتقل شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) کنترل، (۲) پوشش بیوکامپوزیت، (۳) پوشش نانوبیوکامپوزیت+ دی اکسید تیتانیوم، (۴) پوشش نانوبیوکامپوزیت+ دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه و (۵) پوشش نانوبیوکامپوزیت+ دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰ دقیقه بودند. سپس به مدت ۱۴ روز در دمای زیر ۲۱ درجه سانتیگراد ذخیره سازی شدند و پس از آن به دستگاه جوجه کشی منتقل شدند. نتایج نشان داد که کاهش وزن تخم مرغ، واحد هاو و شاخص زرده و افزایش pH سفیده پس از ۱۴ روز ذخیره سازی در تخم مرغ های پوشش داده شده با پوشش-دهنده های مختلف برپایه بیوکامپوزیت در مقایسه با تیمار کنترل به طور معنی دار کمتر بود ($P<0/05$). درصد جوجه های درجه یک و وزن بدن جوجه های هچ شده از تخم مرغ های پوشش داده شده با پوشش دهنده های مختلف نسبت به تیمار کنترل بیشتر بود ($P<0/05$). استفاده از پوشش دهنده نانوبیوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰ دقیقه درصد جوجه درآوری را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی کاهش داد ($P<0/05$). به طور کلی پوشش دهنده های بیوکامپوزیت سبب بهبود شاخص های کیفی تخم مرغ و در پی آن جلوگیری از کاهش وزن تخم مرغ می شود. در نتیجه استفاده از این نوع پوشش دهنده بدون پرتو فرابنفش در زمان ذخیره سازی، درصد جوجه درآوری و کیفیت جوجه حاصل را به مقدار زیادی افزایش می دهد.

کلمات کلیدی: پوشش دهنده نانوبیوکامپوزیت، تخم مرغ نطفه دار، صفات کمی و کیفی جوجه کشی

مقدمه

تخم مرغ حاوی پروتئین کامل، سرشار از مواد مغذی ضروری و یکی از رایج ترین و ارزان ترین منابع مواد مغذی با کیفیت بالا برای انسان است (Sahansoy و همکاران، ۲۰۲۴). از همان لحظه تولید تخم مرغ، کاهش کیفیت آنها شروع می شود و نگهداری طولانی مدت، این کاهش را بیشتر می کند (da Silva Pires و همکاران، ۲۰۲۲). سطح پوسته تخم مرغ کمتر از ۱۰۰۰۰ منافذ ریز به قطر ۰/۲۲ تا ۰/۵۴ میلی متری دارد که به عنوان مسیرهایی برای خروج آب و دی اکسید کربن عمل می کنند (Drabik و همکاران، ۲۰۲۱). این امر منجر به از دست دادن رطوبت و افزایش pH می شود و در نتیجه، کیفیت تخم مرغ کاهش می یابد (Stadelman، ۲۰۱۷). عوامل متعددی از جمله دما، رطوبت و نوع بسته بندی می توانند بر کیفیت تخم مرغ تأثیر بگذارند. دمای بالاتر می تواند فساد تخم مرغ را تسریع کند و ماندگاری آنها را کاهش دهد (de Araújo و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این، میکروارگانیسم ها می توانند با نفوذ به داخل تخم مرغ ها از طریق منافذ پوسته تخم مرغ و آلوده کردن محتویات آنها، بر کیفیت تخم مرغ تأثیر بگذارند. یک استراتژی برای کاهش

این خطر، مدیریت پوسته تخم مرغ است (Chousalkar و همکاران، ۲۰۲۱). استفاده از مواد پوشش دهنده روی پوسته تخم مرغ می تواند به کاهش میکروارگانیسم های پوسته تخم مرغ کمک کند (de Araújo و همکاران، ۲۰۲۳؛ Oliveira و همکاران، ۲۰۲۲).

استفاده از مواد پوشش دهنده، روشی موثر برای افزایش طول عمر نگهداری تخم مرغ ها، ضمن حفظ کیفیت آنها، می باشد (Oliveira و همکاران، ۲۰۲۲). این پوشش دهنده ها منافذ روی سطح پوسته تخم مرغ را مسدود نموده و باعث کاهش از دست دادن رطوبت و دی اکسید کربن می شوند. برای این منظور موادی مانند روغن ها یا بره موم (Nongtaodum و همکاران، ۲۰۱۳)، پروتئین ها (Xu و همکاران، ۲۰۱۷) و پلی ساکاریدها (Caner و همکاران، ۲۰۲۲؛ Yuan و همکاران، ۲۰۲۲) مورد مطالعه قرار گرفته اند. استفاده از روغن ها برای پوشش دار کردن تخم مرغ علاوه بر ظاهر نامناسب، به دلیل عدم وجود خواص ضدباکتریایی، خطر آلودگی میکروبی را ایجاد می کند (da Silva Pires و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، استفاده گسترده از روغن معدنی مبتنی بر نفت، رویکردی سبز برای محیط زیست پایدار محسوب نمی شود (Peerzada و همکاران، ۲۰۲۳). برای مقابله با این چالش ها، پروتئین ها، پلی ساکاریدها و لیپیدها به دلیل خوراکی بودن و تجدیدپذیری آنها معمولاً برای تولید پوشش استفاده می شوند (Raghav و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال، پروتئین ها به عنوان ترکیبات حساسیت زا رایج شناخته می شوند و استفاده گسترده از آنها محدود شده است (Pirsa و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین نشان داده شده است که کیتوزان و روغن های خوراکی برای حفظ کیفیت داخلی تخم مرغ مؤثر هستند (Nongtaodum و همکاران، ۲۰۱۳). با این وجود، کیتوزان و سایر پوشش دهنده های مبتنی بر پلی ساکارید مقاومت کمی در برابر آب نشان می دهند (Xie و همکاران، ۲۰۲۰)، در حالی که پوشش دهنده های مبتنی بر روغن به راحتی اکسید می شوند و هیچ یک از آنها فعالیت ضد باکتریایی کافی نشان نمی دهند (Mouzakitis و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، توسعه یک پوشش چند منظوره، کارآمد و پایدار برای نگهداری تخم مرغ ضروری است (da Silva Pires و همکاران، ۲۰۲۱).

در سال های اخیر، استفاده از پوشش های خوراک پایه و زیست سازگار بر پایه نانوکامپوزیت ها جهت بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی پوسته تخم مرغ و افزایش کیفیت ذخیره سازی پیش از انکوباسیون مورد توجه قرار گرفته است. از میان این ترکیبات، نانوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم به دلیل ویژگی های ضدباکتری، ضدقارچ، خواص آنتی اکسیدانی و قابلیت اصلاح خواص مکانیکی و نفوذپذیری پوسته، گزینه ای مناسب به شمار می آید (Tandon و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه Zinke و همکاران (۲۰۲۴) استفاده از یک پوشش بیونانوکامپوزیتی باعث بهبود واحد هاو، شاخص زرده و pH در مقایسه با تخم مرغ های بدون پوشش شد و تخم مرغ های پوشش دار بالاترین درجه کیفیت را حفظ کردند. برخی از نانومواد اکسید فلزی، عوامل ضد میکروبی مؤثری هستند که با برهم کنش با غشاهای سلولی، تولید گونه های فعال اکسیژن، اختلال در ساختار پروتئین و مهار تکثیر DNA و واکنش های آنزیمی، رشد باکتری ها را مهار می کنند (Youssef و همکاران، ۲۰۲۳). دی اکسید تیتانیوم ماده ای خنثی، غیر سمی و طبیعی است که به دلیل خاصیت ضدباکتریایی، توانایی نابودی طیف گسترده ای از میکروب ها را دارد. در تحقیقات مشابه نگهداری سینه مرغ با روش های مختلفی مانند تابش اشعه ماوراء بنفش (Park و Ha، ۲۰۱۵) و نانوکامپوزیت های پلیمری (Azlin-Hasim و همکاران، ۲۰۱۶؛ Amjadi و همکاران، ۲۰۱۹) برای محافظت از آن ها در برابر باکتری ها و قارچ ها و افزایش زمان ماندگاری موثر بود. تابش پرتو فرابنفش به عنوان یک روش مؤثر در اصلاح سطحی پوشش های زیست پایه عمل می کند و می تواند از طریق القای واکنش های فوتوشیمیایی، پیوندهای عرضی بین مولکول های نشاسته و ذرات دی اکسید تیتانیوم را بهبود بخشد. این فرآیند موجب افزایش یکنواختی پوشش، بهبود چسبندگی به سطح

پوسته و ارتقاء مقاومت در برابر نفوذ عوامل میکروبی و تبخیر رطوبت در دوره ذخیره سازی می شود (Man و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر پوشش دهی پوسته تخم مرغ به وسیله نانویوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر صفات کیفی تخم مرغ، درصد جوجه در آوری، تلفات جنین و کیفیت جوجه های یک روزه انجام شد.

مواد و روش ها

در این آزمایش تعداد ۲۵۰ عدد تخم مرغ نطفه دار با میانگین وزن $1/64 \pm 68/39$ گرم در روز تخم گذاری از واحد پرورش مرغ مادر شرکت مرغ مادر ساکت (سن گله مادر ۵۶ هفته) واقع در استان زنجان تهیه و به واحد جوجه کشی مرغ مادر ساکت (صفادشت تهران) منتقل شد. پوسته تخم مرغ ها با آب ولرم شسته شدند تا آلودگی ها از سطح پوسته پاک شوند. سپس تخم مرغ ها شماره گذاری شده و بر اساس وزن به صورت صعودی در دسته های پنج تایی مرتب شدند و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار و ۱۰ تکرار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) شاهد، (۲) پوشش بیوکامپوزیت، (۳) پوشش نانویوکامپوزیت + دی اکسید تیتانیوم، (۴) پوشش نانویوکامپوزیت + دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه و (۵) پوشش نانویوکامپوزیت + دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰ دقیقه بودند. نانویوکامپوزیت مورد استفاده از به صورت آماده از شرکت نوین رویا پلیمر (تهران، ایران) تهیه شد. پس از شستشو با آب ولرم، پوسته تخم مرغ ها خشک شده و سپس با استفاده از یک جفت انبر که با دو سطح باریک در کناره تخم مرغ ها در تماس بود، به مدت یک دقیقه در محلول های پوشش دهنده غوطه ور شدند. پس از خشک شدن در معرض جریان هوا، این عمل دوباره انجام شد تا اطمینان حاصل شود که هر تخم مرغ دارای یک پوشش یکنواخت و بدون نارسایی باشد. سپس به مدت ۱۴ روز در دمای زیر ۲۱ درجه سانتیگراد ذخیره سازی شدند و پس از آن به دستگاه جوجه کشی منتقل شدند.

درصد کاهش وزن

تمامی تخم مرغ های پوشش داده شده در گروه های مورد مطالعه، در روز صفر توسط تراوزی دیجیتالی وزن گردیدند. سپس در روز هفتم و چهاردهم نگهداری، تخم مرغ های مورد آزمایش قبل از اندازه گیری سایر فاکتورها ابتدا وزن شده و طبق معادله ذیل درصد کاهش وزن محاسبه گردید:

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن تخم مرغ در روز مورد نظر} - \text{وزن اولیه تخم مرغ بلافاصله بعد از پوشش دهی}}{\text{وزن اولیه تخم مرغ بلافاصله بعد از پوشش دهی}} \times 100$$

صفات کیفی تخم مرغ

هر هفته، هشت عدد تخم مرغ از هر تیمار انتخاب و مهمترین صفات کیفی داخلی تخم مرغ شامل pH سفیده، واحد هاو و شاخص زرده اندازه گیری شدند. جهت اندازه گیری واحد هاو پس از شکستن تخم مرغ، محتویات داخل تخم مرغ بر روی یک سطح صاف شیشه ای ریخته شد. با استفاده از ارتفاع سنج سه پایه ژاپنی OSK-3470 و با دقت ۰/۰۱ میلی متر، ارتفاع سفیده از محل یک سانتی متری زرده اندازه گیری و طبق رابطه زیر واحد هاو محاسبه شد.

$$HU=100 \text{ Log } (H-1.7W^{0.37}+7.6)$$

H=ارتفاع سفیده برحسب میلیمتر و W=وزن تخم مرغ بر حسب گرم می باشد.

برای اندازه گیری pH، سفیده جدا شده به مدت ۲۰ ثانیه با استفاده از همزن، همگن شد و سپس، pH سفیده با استفاده از pH متر دیجیتال کالیبره اندازه گیری شد. برای تعیین فاکتور شاخص زرده از یک کولیس دیجیتالی که قادر به اندازه گیری ارتفاع و عرض زرده می باشد، استفاده گردید و برای تخمین شاخص زرده، اعداد ارتفاع زرده به عرض زرده تقسیم شدند.

درصد جوجه درآوری

در این مطالعه، تشخیص نطفه داری در روز دوازدهم جوجه کشی با استفاده از روش کندلینگ و در یک اتاق تاریک و با منبع نور سرد انجام شد. تخم مرغ ها پس از ۱۸ روز انکوباسیون در دستگاه ستر با دمای ۳۷/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۵۲/۵ درصد به دستگاه هچری با دمای ۳۶/۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۶۵ درصد منتقل شدند و بعد از سه روز تعداد جوجه های هچ شده شمارش و درصد جوجه درآوری نسبت به تخم مرغ های هر واحد آزمایشی طبق فرمول زیر محاسبه گردید. تخم مرغ های همه تیمارها در یک دستگاه ستر در ارتفاع یکسان قرار داده شدند تا از نظر دما، رطوبت و اکسیژن در شرایط یکسان باشند. درصد تلفات جنین در سنین مختلف براساس میزان رشد جنین ها در روز تفریخ شدن تخمین زده شد.

$$\text{درصد جوجه درآوری} = \frac{\text{کل جوجه های از تخم بیرون آمده}}{\text{کل تخم مرغ های گذاشته شده در انکوباسیون}} \times 100$$

کیفیت جوجه

هر جوجه به صورت بصری برای کیفیت جوجه مورد بررسی قرار گرفت و به عنوان جوجه درجه اول یا دوم طبقه بندی شد. جوجه های درجه یک به صورت تمیز، خشک، عاری از آلودگی، بدون تغییر شکل (بدون ضایعات پوست، منقار خوش فرم، فرم پا خوب) و با ناف کاملاً بسته، بدون کیسه زرده از جوجه ها تعریف شدند. معیارهای مورد استفاده برای جوجه های درجه دوم شامل: وجود ناف باز، برجسته یا دارای خونریزی، کیسه زرده جذب نشده یا تورم شکم، ناهنجاری در پاها، ضعف و بی حالی عمومی، بدشکلی منقار، پره های نامرتب و ظاهر غیرطبیعی و سایر نواقص ظاهری (نظیر اختلال در چشم یا وضعیت سر) بود (Bueno و همکاران، ۲۰۱۶).

آنالیز آماری

داده های حاصله با استفاده از رویه GLM و نرم افزار SAS 9.2 در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده با استفاده از PROC UNIVARIATE نرم افزار SAS، از نظر نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند و در صورت نیاز، درصد داده ها با تبدیل ArcSin√x نرمال سازی شدند. برای مقایسه تفاوت بین میانگین ها از آزمون توکی در سطح پنج درصد استفاده گردید. مدل آماری پژوهش حاضر به شرح زیر بود:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

که در آن μ ، T_i و ε_{ij} به ترتیب نشان دهنده صفات اندازه گیری شده، میانگین کل، اثر گروه و خطای آزمایشی هر مشاهده هستند.

نتایج

صفات کیفی تخم مرغ

جدول ۱ اثر پوشش دهنده های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر کاهش وزن تخم مرغ و واحد هاو را نشان می دهد. کاهش وزن تخم مرغ در هفته اول و دوم پس از ذخیره سازی در تمامی تیمارهای آزمایشی اتفاق افتاد، با این حال استفاده از پوشش دهنده های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت مانع از افت وزن تخم مرغ نسبت به تیمار کنترل شد ($P < 0.05$). واحد هاو تخم مرغ های پوشش داده شده در روز هفتم و چهاردهم پس از ذخیره سازی به طور معنی داری بیشتر از تیمار کنترل بود ($P < 0.05$).

جدول ۱- اثرات پوشش دهنده های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر کاهش وزن تخم مرغ و واحد هاو پس از ۱۴ روز ذخیره سازی

تیمار	کاهش وزن (درصد)		واحد هاو	
	روز هفتم	روز چهاردهم	روز صفر	روز هفتم
کنترل	۲/۶۷ ^a	۴/۷۳ ^a	۸۶/۲۳	۵۸/۶۴ ^b
پوشش بیوکامپوزیت	۱/۴۱ ^b	۲/۶۲ ^b	۸۷/۷۵	۶۷/۱۲ ^a
پوشش نانوبیوکامپوزیت Tio2+	۱/۵۶ ^b	۲/۴۴ ^b	۸۵/۹۱	۷۰/۵۵ ^a
پوشش نانوبیوکامپوزیت UV10+Tio2+	۱/۶۲ ^b	۲/۳۷ ^b	۸۶/۱۲	۶۸/۴۸ ^a
پوشش نانوبیوکامپوزیت UV20+Tio2+	۱/۴۸ ^b	۲/۴۸ ^b	۸۵/۷۹	۶۷/۲۴ ^a
خطای استاندارد میانگین ها	۰/۲۶	۰/۴۲	۲/۳۸	۲/۱۴
سطح معنی داری	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۴۹	۰/۰۱

^{a,b}: میانگین های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

نتایج مربوط به اثر پوشش دهنده های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر pH سفیده و شاخص زرده تخم مرغ در جدول ۲ نشان داده شده است. تخم مرغ های تیمار کنترل در مقایسه با تخم مرغ های پوشش داده شده در روزهای هفتم و چهاردهم پس از ذخیره سازی pH سفیده بیشتری داشتند ($P < 0.05$). شاخص زرده تخم مرغ پس از ۱۴ روز ذخیره سازی در تخم مرغ های بدون پوشش به طور معنی دار کاهش یافت ($P < 0.05$).

جدول ۲- اثرات پوشش دهنده های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر pH سفیده و شاخص زرده تخم مرغ پس از ۱۴ روز ذخیره سازی

تیمار	pH سفیده			شاخص زرده		
	روز صفر	روز هفتم	روز چهاردهم	روز صفر	روز هفتم	روز چهاردهم
کنترل	۸/۵۴	۹/۶۹ ^a	۱۰/۳۲ ^a	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۲۷ ^b
پوشش بیوکامپوزیت	۸/۶۳	۸/۸۶ ^b	۹/۲۴ ^b	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۳ ^a

پوشش نانوبیو کامپوزیت Tio2+	۸/۳۷	۸/۷۶ ^b	۹/۱۸ ^b	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۴ ^a
پوشش نانوبیو کامپوزیت UV10+Tio2+	۸/۷۵	۸/۹۵ ^b	۹/۳۴ ^b	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۳ ^a
پوشش نانوبیو کامپوزیت UV20+Tio2+	۸/۸۲	۸/۸۷ ^b	۹/۰۸ ^b	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۴ ^a
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲
سطح معنی داری	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۰۴

^{a,b}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می‌باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

کیفیت جوجه‌ها

اثر پوشش دهنده نانوبیو کامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر وزن بدن و کیفیت جوجه‌های یک روزه در جدول ۳ گزارش شده است. جوجه‌های هچ شده از تخم مرغ‌های پوشش داده شده با پوشش دهنده‌های مختلف برپایه بیو کامپوزیت وزن بدن بیشتری نسبت به تیمار کنترل داشتند. همچنین استفاده از پوشش دهنده‌های مختلف درصد جوجه‌های درجه یک را به طور معنی دار افزایش داد ($P < 0.05$).

جدول ۳- اثرات پوشش دهنده‌های مختلف برپایه بیو کامپوزیت بر وزن بدن و کیفیت جوجه‌های یک روزه

تیمار	وزن بدن (گرم)	درجه یک (درصد)	درجه دو (درصد)
کنترل	۴۱/۲۳ ^b	۸۹/۴۷ ^b	۱۰/۵۳ ^a
پوشش بیو کامپوزیت	۴۳/۵۳ ^a	۹۲/۳۴ ^a	۷/۶۶ ^b
پوشش نانوبیو کامپوزیت Tio2+	۴۴/۱۸ ^a	۹۲/۶۸ ^a	۷/۳۲ ^b
پوشش نانوبیو کامپوزیت UV10+Tio2+	۴۴/۳۶ ^a	۹۳/۴۴ ^a	۶/۵۶ ^b
پوشش نانوبیو کامپوزیت UV20+Tio2+	۴۳/۹۸ ^a	۹۲/۸۹ ^a	۷/۱۱ ^b
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۴۳	۰/۸۴	۰/۸۴
سطح معنی داری	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲

^{a,b}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می‌باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

تلفات

نتایج مربوط به اثرات پوشش دهنده نانوبیو کامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر تلفات جنین در سنین مختلف در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد تلفات جنین کل دوره در تیمار پوشش دهنده بیو کامپوزیت و تیمار پوشش-دهنده نانوبیو کامپوزیت + دی اکسید تیتانیوم به طور معنی دار کمتر از تیمار کنترل و تیمارهای پرتو فرابنفش به مدت ۱۰ و ۲۰ دقیقه بود ($P < 0.05$). با این حال استفاده از پوشش دهنده نانوبیو کامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰ دقیقه درصد تلفات کل را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی افزایش داد ($P < 0.05$).

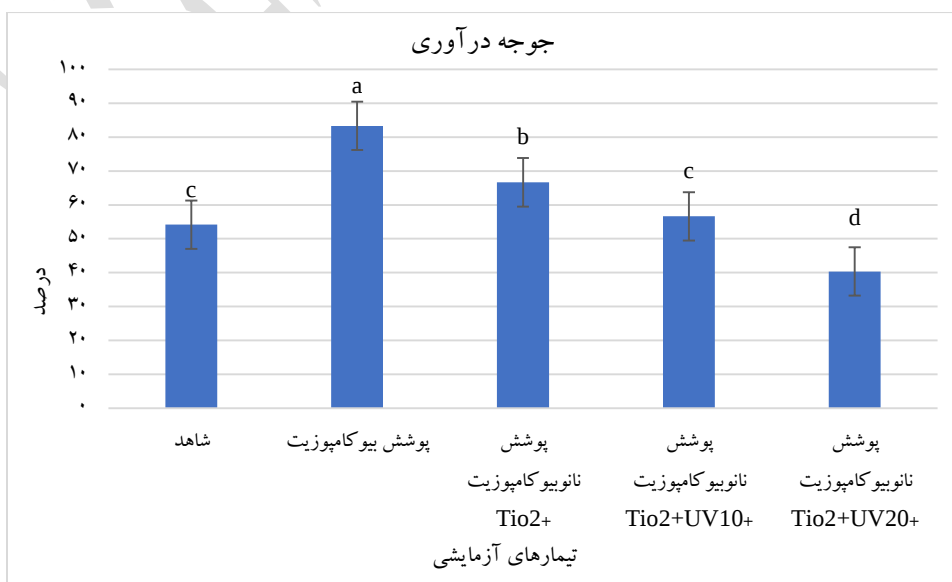
جدول ۴- اثرات پوشش دهنده‌های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر درصد تلفات جنین در سنین مختلف

تیمار	بی نطفه	۱ تا ۵ روزگی	۶ تا ۱۲ روزگی	۱۳ تا ۱۸ روزگی	۱۹ تا ۲۱ روزگی	کل تلفات
کنترل	۸/۱۳	۱۳/۱۷ ^b	۴/۱۷ ^{ab}	۸/۲۲ ^a	۱۲/۱۴ ^b	۴۵/۸۳ ^b
پوشش بیوکامپوزیت	۷/۰۲	۱/۱۲ ^d	۲/۱۵ ^b	۲/۰۷ ^b	۴/۲۱ ^d	۱۶/۵۷ ^d
پوشش نانوبیوکامپوزیت + TiO ₂	۷/۴۸	۵/۰۷ ^c	۴/۱۷ ^{ab}	۵/۱۱ ^{ab}	۱۱/۵۰ ^b	۳۳/۳۳ ^c
پوشش نانوبیوکامپوزیت + UV10+TiO ₂	۸/۲۶	۱۵/۰۹ ^b	۴/۴۴ ^{ab}	۷/۳۷ ^a	۸/۳۲ ^c	۴۳/۴۸ ^b
پوشش نانوبیوکامپوزیت + UV20+TiO ₂	۸/۲۰	۱۸/۰۹ ^a	۸/۱۷ ^a	۵/۲۷ ^{ab}	۱۹/۹۲ ^a	۵۹/۶۵ ^a
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۸۴	۰/۹۵	۱/۵۱	۱/۲۰	۰/۸۱	۳/۰۲
سطح معنی‌داری	۰/۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲

^{a,d}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می‌باشند، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

درصد جوجه‌درآوری

نمودار ۱ اثر پوشش دهنده نانوبیوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش بر درصد جوجه‌درآوری را نشان می‌دهد. کاهش درصد جوجه‌درآوری پس از ذخیره سازی در پوشش دهنده نانوبیوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰ دقیقه اتفاق افتاد، با این حال استفاده از پوشش دهنده بیوکامپوزیت و پوشش دهنده نانوبیوکامپوزیت + دی اکسید تیتانیوم باعث افزایش درصد جوجه‌درآوری در مقایسه با تیمار کنترل شد ($P < 0.05$).



نمودار ۱- اثرات پوشش دهنده‌های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر درصد جوجه‌درآوری

برآورد اقتصادی

برآورد اقتصادی تیمارهای مختلف در این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش دهنده‌های مختلف، تأثیر قابل توجهی بر هزینه تولید و درآمد حاصل از جوجه‌درآوری دارد. بر اساس جدول محاسبه‌شده، در تیمار کنترل (تیمار ۱) هیچ‌گونه هزینه اضافی بابت پوشش دهنده‌ها لحاظ نشد. در تیمار ۲ که از پوشش بیوکامپوزیت بر پایه نشاسته استفاده شد، هزینه پوشش دهی برای ۵۰ عدد تخم‌مرغ معادل ۲۷ هزار تومان بود. در تیمار ۳ با افزودن دی‌اکسید تیتانیوم، این هزینه به ۴۲ هزار تومان افزایش یافت. در تیمار ۴ و ۵ که علاوه بر مواد فوق از پرتودهی فرابنفش نیز استفاده شد، هزینه کل پوشش دهی و پرتودهی به ۴۸ هزار تومان برای ۵۰ عدد تخم‌مرغ رسید. با لحاظ درصد جوجه‌درآوری و قیمت فروش هر جوجه یک‌روزه (۲۵ هزار تومان)، میزان درآمد حاصل و در نهایت سود یا زیان هر تیمار محاسبه شد. نتایج نشان داد تیمار پوشش بیوکامپوزیت بر پایه نشاسته با ۸۳/۳۳ درصد جوجه‌درآوری، بیشترین سود را در مقایسه با تیمار کنترل (۵۴/۱۷ درصد) داشت و در مقابل، تیمار ۵ (پوشش نانویوکامپوزیت UV20+TiO2) با پایین‌ترین درصد جوجه‌درآوری (۴۰/۳۵ درصد) و هزینه بالاتر، بیشترین میزان ضرر را در مقایسه با تیمار کنترل تجربه کرد. این نتایج نشان می‌دهد استفاده از نانو بیوکامپوزیت به تنهایی و یا همراه با دی‌اکسید تیتانیوم از نظر اقتصادی قابل توصیه است، درحالی‌که اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به‌ویژه در زمان‌های طولانی‌تر نه تنها سود اقتصادی را کاهش می‌دهد، بلکه در مواردی موجب زیان نیز می‌شود.

جدول ۵- اثرات پوشش دهنده‌های مختلف بر پایه بیوکامپوزیت بر برآورد اقتصادی

تیمار	هزینه (تومان / ۵۰ تخم‌مرغ)	درصد جوجه درآوری	درآمد از فروش جوجه (تومان)	سود/زیان نسبت به کنترل (%)
کنترل	-	۵۴/۱۷	۶۷۵/۰۰۰	-
پوشش بیوکامپوزیت	۲۷/۰۰۰	۸۳/۳۳	۱/۰۵۰/۰۰۰	+۴۸/۱۵
پوشش نانویوکامپوزیت TiO2+	۴۲/۰۰۰	۶۶/۶۷	۸۲۵/۰۰۰	+۲۲/۲۲
پوشش نانویوکامپوزیت UV10+TiO2+	۴۸/۰۰۰	۵۶/۵۲	۷۰۰/۰۰۰	+۳/۷
پوشش نانویوکامپوزیت UV20+TiO2+	۴۸/۰۰۰	۴۰/۳۵	۵۰۰/۰۰۰	-۲۵/۹۲

بحث

کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها عمدتاً به از دست دادن آب از سفیده تخم‌مرغ نسبت داده می‌شود (Zinke و همکاران، ۲۰۲۴). در طول ذخیره‌سازی، تبخیر آب داخل تخم‌مرغ از طریق منافذ روی پوسته تخم‌مرغ خارج شده و منجر به کاهش قابل توجهی در وزن تخم‌مرغ شد. یا این حال برای تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده، کاهش وزن پس از ۱۴ روز ذخیره سازی، کمتر از تخم‌مرغ‌های بدون پوشش بود که ظرفیت برتر پوشش دهنده‌ها را در کاهش از دست دادن آب تأیید می‌کند. موافق با نتایج مطالعه حاضر Xu و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که پس از ۳ هفته نگهداری، کاهش وزن تخم‌مرغ‌های بدون پوشش به طور قابل توجهی بیشتر از تخم‌مرغ‌های تحت

پوشش‌های یو-نانو کامپوزیت بود. بنابراین، نانویو کامپوزیت به عنوان یک اقدام مؤثر در حفظ وزن تخم‌مرغ‌ها در طول نگهداری کوتاه مدت عمل کرد. طبق گزارش Echeverría و همکاران (۲۰۱۴)، کاهش افت وزن را می‌توان به کاهش ضریب حلالیت در آب و انتشار آب در سراسر فیلم نسبت داد که اثر دوم بارزتر است. مشاهدات مشابهی توسط Lee و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. در هفته اول و دوم نگهداری، تفاوت‌های معنی‌داری بین تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با نانویو کامپوزیت و تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با نانویو کامپوزیت حاوی دی‌اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش مشاهده نشد. این نشان داد که استفاده از دی‌اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش ممکن است در به حداقل رساندن کاهش وزن نسبت به نانویو کامپوزیت به تنهایی مفید نباشد. Bhale و همکارانش (۲۰۰۳) گزارش دادند که کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با کیتوزان با غلظت ۱ و ۲ درصد، پس از ۲۸ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، در محدوده ۴/۴۰ تا ۶/۳۱ درصد بود. با این حال در مطالعه حاضر کاهش وزن تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با تیمارهای مختلف نانویو کامپوزیت ۲/۳۷ تا ۲/۶۲ درصد بود. بنابراین، پوشش دهنده‌های برپایه نانویو کامپوزیت روی تخم‌مرغ‌ها چشم‌انداز کاربردی خوبی دارند.

برای ارزیابی کیفیت داخلی و تازگی تخم‌مرغ، واحد هاو در طول ذخیره‌سازی بررسی شد. تخم‌مرغ‌ها معمولاً بر اساس واحد هاو به چهار درجه طبقه‌بندی می‌شوند: درجه AA (واحد هاو ≤ 72)، درجه A ($60 \leq$ واحد هاو < 72)، درجه B ($30 \leq$ واحد هاو < 60) و درجه C (واحد هاو > 30) (Caner و Yuceer، ۲۰۱۴). در حالی که تخم‌مرغ‌های تازه درجه AA بودند (واحد هاو = ۸۶)، پس از یک هفته نگهداری، تخم‌مرغ‌های بدون پوشش به سرعت به درجه B و با پوشش دهنده‌های مختلف به درجه A سقوط کردند. تخم‌مرغ‌های بدون پوشش در هفته دوم به کاهش خود ادامه دادند اما تخم‌مرغ‌های با پوشش دهنده‌های مختلف پس از ۲ هفته ذخیره‌سازی درجه A را حفظ کردند و واحد هاو آنها در هفته دوم با تخم‌مرغ‌های بدون پوشش در هفته اول قابل مقایسه بود. با این حال تفاوت قابل توجهی بین پوشش دهنده‌های مختلف مشاهده نشد. در مقایسه با سایر داده‌های منتشر شده، Thohari و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند که کیفیت تخم‌مرغ‌های بدون پوشش پس از ۱ هفته نگهداری از درجه A به B تغییر کرد، در حالی که تخم‌مرغ‌های با پوشش دهنده دی-اکسید تیتانیوم در طول ۴ هفته نگهداری در دمای اتاق در درجه A باقی ماندند. به طور مشابه Bhale و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که تخم‌مرغ‌های بدون پوشش پس از ۱ هفته از درجه AA به B تغییر کردند در حالی که برای تخم‌مرغ‌های با پوشش نانویو کامپوزیت، این تغییر پس از ۶ هفته نگهداری رخ داد. این امر به این دلیل نسبت داده شد که پوشش پوشش دهنده‌های برپایه نانویو کامپوزیت باعث کاهش از دست رفتن دی‌اکسید کربن و آلودگی میکروبی شده و در نتیجه فعالیت پروتئاز، هیدرولیز پروتئین و تخریب پروتئین را مهار می‌کند (Li و همکاران، ۲۰۲۵). به طور کلی، این نتایج نشان داد که پوشش دهنده‌های برپایه نانویو کامپوزیت در حفظ کیفیت و تازگی تخم‌مرغ بسیار مؤثر بوده و تضمین می‌کنند که تخم‌مرغ‌ها تا ۲ هفته درجه A را حفظ کنند.

pH آلبومین همچنین می‌تواند شاخص مهمی از تازگی و کیفیت تخم‌مرغ باشد. افزایش pH آلبومین در طول نگهداری را می‌توان به از دست دادن دی‌اکسید کربن از طریق منافذ پوسته تخم‌مرغ نسبت داد که به طور طبیعی پس از تخم‌گذاری در آلبومین رخ می‌دهد و منجر به تغییراتی در سیستم بافر بی‌کربنات می‌شود (Wardy و همکاران، ۲۰۱۰). محلول ضعیفی از اسید کربنیک که در سفیده تخم‌مرغ نگهداری می‌شود، با افزایش نگهداری تخم‌مرغ تجزیه می‌شود تا دی‌اکسید کربن و آب بیشتری را تأمین کند که منجر به نازک شدن سفیده تخم‌مرغ و افزایش pH آلبومین می‌شود (Xu و همکاران، ۲۰۱۷). محدوده pH آلبومین تخم‌مرغ‌های تازه گذاشته شده ۶ تا ۷/۷

است، اما pH آلومین در مدت زمان کوتاهی به دلیل آزاد شدن دی اکسید کربن به ۹ تا ۹/۷ افزایش می یابد. تخم مرغ های تازه گذاشته شده حاوی ۱/۴۴ تا ۲/۰۵ میلی گرم دی اکسید کربن در هر ۱ گرم آلومین هستند (Keener و Biladeau، ۲۰۰۹)، که پس از تخم گذاری به سرعت از بین می رود. بنابراین، مقدار pH اولیه آلومین کمی بالاتر (۸/۶۳) که در این مطالعه مشاهده شد، احتمالاً به دلیل گذشت زمان بین تخم گذاری و زمان پوشش گذاری آن بوده است. با این حال، این امر در آزمایش های پوشش دهی تخم مرغ غیر معمول نیست (Torrico و همکاران، ۲۰۱۱). همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، pH آلومین تخم مرغ های بدون پوشش به سرعت در هفته اول و دوم افزایش یافت. در حالی که برای تخم مرغ های پوشش داده شده با پوشش دهنده های بر پایه نانویو کامپوزیت، pH در هفته اول افزایشی نشان نداد و در هفته دوم حداکثر pH ۹/۳۴ بود که نشان دهنده تازگی بهتر در مقایسه با تخم مرغ های بدون پوشش است زیرا پوشش دهنده ها، اتلاف دی اکسید کربن را به حداقل رساندند (Keener و همکاران، ۲۰۰۴). این داده ها نشان می دهد که پوشش دهنده های بر پایه نانویو کامپوزیت ممکن است سرعت انتقال دی اکسید کربن از طریق پوسته تخم مرغ را کنترل کنند. pH پایین تر آلومین تخم مرغ های پوشش دهی شده با نانویو کامپوزیت ممکن است به دلیل خاصیت آب بندی عالی و آبگریزی باشد که در به حداقل رساندن از دست دادن دی اکسید کربن اضافی و آب در سطح پوسته تخم مرغ در طول نگهداری طولانی مدت مؤثر بود (Wardy و همکاران، ۲۰۱۳). پس از ۲ هفته نگهداری، pH آلومین در تخم مرغ های پوشش دهی شده با نانویو کامپوزیت به آرامی افزایش یافت و هیچ تفاوت معنی داری بین تخم مرغ های مختلف پوشش دهی شده با نانویو کامپوزیت و نانویو کامپوزیت حاوی دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش مشاهده نشد. پوشش نانویو کامپوزیت می تواند به عنوان مانعی برای انتشار دی اکسید کربن در طول نگهداری عمل کند و به حفظ کیفیت آلومین کمک کند.

شاخص زرده نشان دهنده استحکام غشای ویتلین زرده و شکل کروی زرده است که می تواند برای ارزیابی کیفی تازگی تخم مرغ نیز مورد استفاده قرار گیرد: خیلی تازه (شاخص زرده $< 0/38$)، تازه ($0/28 \leq$ شاخص زرده $\leq 0/38$) و معمولی (شاخص زرده $> 0/28$) (Zinke و همکاران، ۲۰۲۴). ماهیت کروی زرده تخم مرغ را می توان با اندازه گیری ارتفاع و عرض زرده به صورت شاخص زرده بیان کرد. با این حال، مدت زمان نگهداری تأثیر قابل توجهی بر شاخص زرده دارد (Caner و Yuceer، ۲۰۱۴). شاخص زرده تخم مرغ های بدون پوشش در هفته دوم از ۰/۳۸ به ۰/۲۷ کاهش یافت که نشان دهنده دسته "معمولی" است. این امر به هیدراتاسیون آلومین نسبت داده شد که فشار اسمزی را تغییر داده و یکپارچگی ساختاری آن را از بین برد و در نتیجه حمایت آن از زرده را تضعیف کرده و شاخص زرده را کاهش می دهد (Liu و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، هنگامی که شاخص زرده به زیر یک آستانه بحرانی می رسد، زرده ممکن است پراکنده شود و به پوسته تخم مرغ بچسبد (Xu و همکاران، ۲۰۱۷). در حالی که برای تخم مرغ های پوشش داده شده، شاخص زرده در هفته اول بالای ۰/۳۶ باقی ماند و در هفته دوم به حدود ۰/۳۳ کاهش یافت که نشان دهنده تازگی بهتر است. در مطالعه Suresh و همکاران (۲۰۱۵)، شاخص زرده تخم مرغ های پوشش داده شده با نانویو کامپوزیت در طول دوره نگهداری ۵ هفته ای در دمای اتاق بیشتر از تخم مرغ های پوشش داده شده با کیتوزان بود. بنابراین، پوشش دهنده های بر پایه نانویو کامپوزیت تأثیر مثبتی بر شاخص زرده دارند.

مقایسه اثر پوشش دهی نشان داد بیشترین درصد جوجه درآوری مربوط به تیمار پوشش بیو کامپوزیت با میانگین ۸۳/۳۳ درصد و کمترین مقدار جوجه درآوری را تیمار پوشش بیو نانوکامپوزیت نشاسته-نانو دی اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش به مدت ۲۰

دقیقه با میانگین ۴۰/۳۵ درصد ثبت نمود (نمودار ۱). درصد جوجه‌درآوری و کیفیت جوجه تحت تأثیر شرایط ذخیره‌سازی است. به خوبی شناخته شده است که مدت طولانی ذخیره‌سازی درصد جوجه‌درآوری را کاهش می‌دهد، مدت زمان جوجه‌کشی را طولانی می‌کند و می‌تواند کیفیت جوجه را تحت تأثیر قرار دهد (Melo و همکاران، ۲۰۲۱). کاهش درصد جوجه‌درآوری و کیفیت جوجه در اثر ذخیره‌سازی ۱۴ روزه در تیمار کنترل نسبت به تیمارهای بیوکامپوزیت و نانوبیوکامپوزیت + نانو دی‌اکسید تیتانیوم را می‌توان به افت وزن تخم مرغ‌ها در این تیمار نسبت داد. علت نتیجه بدست آمده می‌تواند مربوط به ضد عفونی پوسته تخم مرغ با بیوکامپوزیت و نانوبیوکامپوزیت + نانو دی‌اکسید تیتانیوم و حداقل آلودگی سطح پوسته تخم مرغ عنوان شده باشد. در واقع احتمالاً کاهش نفوذ مواد میکروبی به درون تخم مرغ یکی از دلایل موثر در کاهش تلفات در تیمارهای مذکور باشد. Li و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که پوشش پوسته تخم مرغ با ایزوله پروتئین سویا، ایزوله پروتئین آب پنیر، کربوکسی متیل سلولز و گلو تن گندم می‌تواند خصوصیات مکانیکی پوسته را بهبود بخشد (استحکام منافذ پوسته)، آلودگی میکروبی تخم مرغ را به حداقل می‌رساند و ممکن است به کاهش خسارت اقتصادی منجر شود.

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش نانو بیوکامپوزیت حاوی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم منجر به کاهش معنی‌دار تلفات جنینی در مقایسه با گروه کنترل گردید. این کاهش تلفات را می‌توان به خواص آنتی‌باکتریال نانو دی‌اکسید تیتانیوم و ایجاد لایه‌ای یکنواخت و محافظ بر سطح پوسته نسبت داد که مانع از نفوذ میکروارگانیسم‌ها و تبخیر رطوبت از سطح پوسته می‌شود (Anju و همکاران، ۲۰۲۵). با این حال، پرتودهی با اشعه فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری بر تلفات جنین نداشت، در حالی که پرتودهی ۲۰ دقیقه باعث افزایش معنی‌دار تلفات نسبت به شاهد گردید. این افزایش تلفات در پرتودهی طولانی‌تر را می‌توان به تولید رادیکال‌های آزاد در اثر واکنش‌های فوتوکاتالیستی نانو دی‌اکسید تیتانیوم در حضور پرتو فرابنفش و رطوبت محیط پوسته نسبت داد، که می‌تواند به غشای پوسته و جنین آسیب وارد کرده و روند متابولیسم و رشد طبیعی جنین را مختل نماید (Clemente و همکاران، ۲۰۱۴). افزون بر این، تابش بیش از حد پرتو فرابنفش باعث افزایش سختی پوشش و کاهش تبادل گازی از منافذ پوسته می‌شود که می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش تلفات در مدت زمان‌های بالاتر پرتودهی باشد (Borda و Turtoi، ۲۰۱۴).

بنابراین افزایش مدت پرتودهی یک عامل محدودکننده محسوب می‌شود. همچنین اختلاف بیشتر تلفات بین تیمارها در روزهای ۱-۵ جنینی و کاهش اختلاف در هفته‌های بعد - به حساسیت بالای مرحله جنینی اولیه به تغییرات تبادل گاز، رطوبت و تماس سطحی مرتبط است. به طوریکه در اوایل دوران جنینی (خصوصاً روزهای ابتدایی و مرحله اندام‌زایی) جنین بسیار آسیب‌پذیر است و هر تغییری در تبادل گاز، رطوبت، دما یا تماس با مواد سمی می‌تواند به مرگ زودرس منجر شود (Yalcin et al., 2022).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که پوشش‌دهنده‌های نانوبیوکامپوزیت با یا بدون دی‌اکسید تیتانیوم و اصلاح آن توسط پرتو فرابنفش در حفظ کیفیت داخلی تخم مرغ‌ها (کاهش وزن، واحد هاو، شاخص زرده و pH آلبومین) و افزایش ماندگاری آنها در طول نگهداری در دمای زیر ۲۱ درجه سلسیوس مؤثر بودند. با این حال استفاده از پوشش‌دهنده‌های نانوبیوکامپوزیت با یا بدون دی‌اکسید تیتانیوم و اصلاح آن

توسط پرتو فرابنفش درصد جوجه‌درآوری را کاهش داد. در نتیجه استفاده از پوشش‌دهنده‌های نانوبیوکامپوزیت نشاسته با یا بدون دی‌اکسید تیتانیوم همراه با کنترل دمای نگهداری در زمان ذخیره‌سازی، میزان درصد جوجه‌درآوری و کیفیت جوجه حاصل را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد.

منابع

- Amjadi, S., Emaminia, S., Nazari, M., Davudian, S. H., Roufegarinejad, L. and Hamishehkar, H. (2019). Application of reinforced ZnO nanoparticle-incorporated gelatin bionanocomposite film with chitosan nanofiber for packaging of chicken fillet and cheese as food models. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1205-1219.
- Anju, P., Muhammed, H., Arun, K., Bahuleyan, B. K. and Ramesan, M. T. (2025). Synthesis of nanocurcumin conjugated titanium dioxide bio-nanocomposites for enhanced optical, thermal, electrical, and antibacterial applications. *Physica B: Condensed Matter*, 417269.
- Azlin-Hasim, S., Cruz-Romero, M. C., Morris, M. A., Padmanabhan, S. C., Cummins, E. and Kerry, J. P. (2016). The potential application of antimicrobial silver polyvinyl chloride nanocomposite films to extend the shelf-life of chicken breast fillets. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 1661-1673.
- Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K. and Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68(7), 2378-2383.
- Biladeau, A. M. and Keener, K. M. (2009). The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*, 88(6), 1266-1274.
- Bueno, I. J. M., Surek, D., Rocha, C., Schramm, V. G., Muramatsu, K., Dahlke, F. and Maiorka, A. (2016). Effects of different limestone particle sizes in the diet of broiler breeders post molting on their performance, egg quality, incubation results, and pre-starter performance of their progeny. *Poultry Science*, 95(4), 860-866.
- Caner, C., Coşkun, B. M. and Yüceer, M. (2022). Chitosan coatings and chitosan nanocomposite to enhance the storage stability of fresh eggs during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), 642-657.
- Chousalkar, K. K., Khan, S. and McWhorter, A. R. (2021). Microbial quality, safety and storage of eggs. *Current Opinion in Food Science*, 38, 91-95.
- Clemente, Z., Castro, V. L. S. S., Moura, M. A. M., Jonsson, C. M. and Fraceto, L. F. (2014). Toxicity assessment of TiO₂ nanoparticles in zebrafish embryos under different exposure conditions. *Aquatic Toxicology*, 147, 129-139.
- da Silva Pires, P. G., Bavaresco, C., da Silva Pires, P. D., Cardinal, K. M., Leuven, A. F. R. and Andretta, I. (2021). Development of an innovative green coating to reduce egg losses. *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100065.
- da Silva Pires, P. G., Bavaresco, C., Wirth, M. L. and Moraes, P. O. (2022). Egg coatings: trends and future opportunities for new coatings development. *World's Poultry Science Journal*, 78(3), 751-763.
- da Silva Pires, P. G., da Silva Pires, P. D., Cardinal, K. M. and Bavaresco, C. (2020). The use of coatings in eggs: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 312-321.
- de Araújo, M. V., Oliveira, G. D. S., McManus, C., Vale, I. R. R., Salgado, C. B., Pires, P. G. D. S. and dos Santos, V. M. (2023). Preserving the Internal Quality of Quail Eggs Using a Corn Starch-Based Coating Combined with Basil Essential Oil. *Processes*, 11(6), 1612.
- Drabik, K., Batkowska, J., Próchniak, T. and Horecka, B. (2021). Citric acid as a factor limiting changes in the quality of table eggs during their storage. *Poultry Science*, 100(4), 100995.
- Echeverría, I., Eisenberg, P. and Mauri, A. N. (2014). Nanocomposites films based on soy proteins and montmorillonite processed by casting. *Journal of Membrane Science*, 449, 15-26.

- Heralp, T. J., Gnanasambandam, R., McGuire, B. H. and Hachmeister, K. A. (1995). Degradable wheat gluten films: preparation, properties and applications. *Journal of Food Science*, 60(5), 1147-1150.
- Keener, K. M., Anderson, K. E., Curtis, P. A. and Foegeding, J. B. (2004). Determination of cooling rates and carbon dioxide uptake in commercially processed shell eggs using cryogenic carbon dioxide gas. *Poultry science*, 83(1), 89-94.
- Lee, J. E. and Kim, K. M. (2010). Characteristics of soy protein isolate-montmorillonite composite films. *Journal of Applied Polymer Science*, 118(4), 2257-2263.
- Li, H., Zhang, L., Cui, M., Huang, R. and Su, R. (2025). Sustainable Cellulose Nanofibril– Stabilized Pickering Emulsions for Fresh Egg Preservation. *Nanomaterials*, 15(7), 515.
- Li, L., Xia, N., Zhang, H., Li, T., Zhang, H., Chi, Y. and Li, H. (2020). Structure and properties of edible packaging film prepared by soy protein isolate-eggshell membrane conjugates loaded with Eugenol. *International Journal of Food Engineering*, 16(12), 99-108.
- Liu, Y. C., Chen, T. H., Wu, Y. C., Lee, Y. C. and Tan, F. J. (2016). Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, 211, 687-693.
- Man, Y., Mu, L., Wang, Y., Lin, S., Rempel, G. L. and Pan, Q. (2015). Synthesis and characterization of rutile titanium dioxide/polyacrylate nanocomposites for applications in ultraviolet light-shielding materials. *Polymer Composites*, 36(1), 8-16.
- Melo, E. F., Araújo, I. C. S., Triginelli, M. V., Castro, F. L. S., Baião, N. C. and Lara, L. J. C. (2021). Effect of egg storage duration and egg turning during storage on egg quality and hatching of broiler hatching eggs. *Animal*, 15(2), 100111.
- Mouzakitis, C. K., Sereti, V., Matsakidou, A., Kotsiou, K., Biliaderis, C. G. and Lazaridou, A. (2022). Physicochemical properties of zein-based edible films and coatings for extending wheat bread shelf life. *Food Hydrocolloids*, 132, 107856.
- Nongtaodum, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Dhamvithee, P., No, H. K. and Prinyawiwatkul, W. (2013). Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. *Journal of Food Science*, 78(2), 329-335.
- Oliveira, G. D. S., McManus, C. and Dos Santos, V. M. (2022). Essential oils and propolis as additives in egg coatings. *World's Poultry Science Journal*, 78(4), 1053-1066.
- Park, S. Y. and Ha, S. D. (2015). Ultraviolet-C radiation on the fresh chicken breast: Inactivation of major foodborne viruses and changes in physicochemical and sensory qualities of product. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 895-906.
- Peerzada Gh, J., Sinclair, B. J., Perinbarajan, G. K., Dutta, R., Shekhawat, R., Saikia, N. and Mossa, A. T. (2023). An overview on smart and active edible coatings: safety and regulations. *European Food Research and Technology*, 249(8), 1935-1952.
- Pirsa, S. and Aghbolagh Sharifi, K. (2020). A review of the applications of bioproteins in the preparation of biodegradable films and polymers. *Journal of Chemistry Letters*, 1(2), 47-58.
- Raghav, P. K., Agarwal, N. and Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and vegetables: A review. *Education*, 1(2), 188-204.
- Şahansoy, H., Caner, C. and Yüceer, M. (2024). The shellac and shellac nanocomposite coatings on enhanced the storage stability of fresh eggs for sustainable packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261, 129817.

Stadelman, W. J. (2017). Quality identification of shell eggs. In *Egg Science and Technology* (pp. 39-66). CRC Press.

Suresh, P. V., Raj, K. R., Nidheesh, T., Pal, G. K. and Sakhare, P. Z. (2015). Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6345-6354.

Tandon, M., Gupta, A. and Kaur, A. (2023). Green synthesized titanium dioxide-starch nanocomposites as a sustainable alternative to combat spoilage of packaged food. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 8(2), 461-468.

Thohari, I., Al Awwaly, K. U., Apriliyani, M. W. and Aprillian, A. (2022). Effects of Addition of TiO₂ Edible Coatings and Storage Periods on the Chicken Eggs Quality. *Asian Food Science Journal*, 21(2), 14-21.

Torrico, D. D., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Janes, M., Corredor, J. A. and Osorio, L. F. (2011). Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. *Journal of Food Science*, 76(4), 262-268.

Turtoi, M. and Borda, D. (2014). Decontamination of egg shells using ultraviolet light treatment. *World's Poultry Science Journal*, 70(2), 265-278.

Wardy, W., Torrico, D. D., Herrera Corredor, J. A., No, H. K., Zhang, X., Xu, Z. and Prinyawiwatkul, W. (2013). Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4 C. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 1148-1156.

Wardy, W., Torrico, D. D., No, H. K., Prinyawiwatkul, W. and Saalia, F. K. (2010). Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(12), 2659-2668.

Xie, B., Zhang, X., Luo, X., Wang, Y., Li, Y., Li, B. and Liu, S. (2020). Edible coating based on beeswax-in-water Pickering emulsion stabilized by cellulose nanofibrils and carboxymethyl chitosan. *Food Chemistry*, 331, 127108.

Xu, L., Zhang, H., Lv, X., Chi, Y., Wu, Y. and Shao, H. (2017). Internal quality of coated eggs with soy protein isolate and montmorillonite: Effects of storage conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1921-1934.

Youssef, A. M., Abd El-Aziz, M. E. and Morsi, S. M. (2023). Development and evaluation of antimicrobial LDPE/TiO₂ nanocomposites for food packaging applications. *Polymer Bulletin*, 80(5), 5417-5431.

Yuan, X., Li, Y., Mo, Q., Zhang, B., Shu, D., Sun, L. and Zang, Y. (2022). A combined approach using slightly acidic electrolyzed water spraying and chitosan and pectin coating on the quality of the egg cuticle, prevention of bacterial invasion, and extension of shelf life of eggs during storage. *Food Chemistry*, 389, 133129.

Yalcin, S., Özkan, S. and Shah, T. (2022). Incubation temperature and lighting: Effect on embryonic development, post-hatch growth, and adaptive response. *Frontiers in Physiology*, 13, 899977.

Yuceer, M. and Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 153-162.

Zinke, A., Pottackal, N., Zahin, F., Nur, M. I., Ahmed, F., Ji, Y. and Rahman, M. M. (2024). Preserving fresh eggs via egg-derived bionanocomposite coating. *Advanced Functional Materials*, 34(30), 2310091.

Investigation of eggshell coating with starch–nano titanium dioxide nanobiocomposite and its ultraviolet modification on pre-incubation storage and hatchability

Abstract

The present study aimed to evaluate the effects of eggshell coating using a starch–nano titanium dioxide (TiO_2) nanobiocomposite, as well as its modification through ultraviolet (UV) radiation, on egg quality parameters, hatchability, and the quality of newly hatched chicks. A total of 250 fresh fertilized eggs were coated with the respective treatments and stored for 14 days at temperatures below 21°C before incubation. The experimental groups included: (1) control (uncoated), (2) starch-based biocomposite coating, (3) nanobiocomposite coating with TiO_2 , (4) nanobiocomposite coating with TiO_2 modified by UV irradiation for 10 minutes, and (5) nanobiocomposite coating with TiO_2 modified by UV irradiation for 20 minutes. The results demonstrated that eggs treated with biocomposite-based coatings exhibited significantly lower weight loss, reduced Haugh unit degradation, and smaller increases in albumen pH after storage compared to the control group ($P < 0.05$). Moreover, the percentage of first-grade chicks and their initial body weights were significantly higher in coated groups relative to the control ($P < 0.05$). However, the application of UV-modified nanobiocomposite coating for 20 minutes resulted in a significant reduction in hatchability compared to other treatments ($P < 0.05$). Overall, the findings suggest that biocomposite coatings enhance the preservation of egg quality during storage by minimizing moisture loss and maintaining internal egg components. Consequently, coatings without UV modification were most effective in improving hatchability and post-hatch chick quality.

Keywords: Nanobiocomposite coating, Fertilized eggs, Quantitative and qualitative traits of incubation