



DOI: 10.22034/fr.2021.32997.1664

بررسی تأثیر پوشش‌دهی تخم‌مرغ با استفاده از نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده با پرتو

فرابنفش C بر افزایش کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ

حمید جهانگیر اصفهانی^۱، ایمان شهابی قهفرخی^{۲*} و رحمت‌اله پورعطا^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۲

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه زنجان

^۲استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه زنجان

^۳استادیار گروه شیمی، دانشگاه زنجان

*مسئول مکاتبه: Email: i.shahabi@znu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: پوشش‌دهی تخم‌مرغ با هدف افزایش ماندگاری و کیفیت تخم‌مرغ طی مدت انبارمانی محصول هدف: در میان مواد غذایی، تخم‌مرغ به علت داشتن میزان بالای پروتئین، اسید آمینه‌های ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در تخم‌مرغ مقداری آب و گاز دی‌اکسید کربن وجود دارد که موجب حفظ کیفیت و تازگی تخم‌مرغ می‌شوند. این دو جزء، طی دوره نگهداری تخم‌مرغ، از منافذ موجود در پوسته خارج می‌شوند، به این ترتیب کیفیت تخم‌مرغ اُفت می‌کند. در این تحقیق به منظور جلوگیری از خروج آب و گاز دی‌اکسید کربن موجود در تخم‌مرغ، از روش پوشش‌دهی سطح تخم‌مرغ با محلول نشاسته-اسید اولئیک در جهت افزایش کیفیت و ماندگاری آن استفاده شد. روش کار: در این پژوهش ۷۵ عدد تخم‌مرغ در قالب طرح کامل تصادفی با ۵ گروه آزمایشی و هر گروه شامل ۱۵ عدد تخم‌مرغ در مدت زمان هفت هفته مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (تخم‌مرغ بدون پوشش)، تخم‌مرغ‌های پوشیده شده با محلول نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده به کمک پرتوی فرابنفش (UV-C) در بازه‌های زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه بود. طی دوره نگهداری هفت هفته‌ای و در زمان‌های مشخص (هفته صفرم (بلافاصله بعد از پوشش‌دهی)، هفته اول، هفته سوم، هفته پنجم و هفته هفتم) تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار و فاقد پوشش مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار گرفتند. **نتایج:** ارزیابی کیفیت تخم‌مرغ براساس اندیس‌ها و اندیس زرده نشان دادند که در هفته هفتم دوره نگهداری برای تخم‌مرغ‌های پوشیده شده با نشاسته-اسید اولئیک و نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده با UV-C به مدت ۹۰ دقیقه بیشتر از اندیس‌ها و در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش در هفته اول بودند. نتیجه‌گیری نهایی: با استفاده از پوشش‌دهی تخم‌مرغ با نشاسته-اسید اولئیک و نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده با UV-C به مدت ۹۰ دقیقه می‌توان ماندگاری تخم‌مرغ را تا بیش از دو برابر از حالت طبیعی افزایش داد.

واژگان کلیدی: تخم‌مرغ، پوشش‌دهی، نشاسته، اسید اولئیک، پرتو فرابنفش

مقدمه

به دلیل میزان بالای پروتئین، اسید آمینه‌های ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی، از کیفیت تغذیه‌ای ویژه‌ای

در میان مواد غذایی مورد استفاده توسط انسان، تخم‌مرغ

یکی از روش‌های نوین مورد استفاده در صنعت بسته‌بندی، پوشش‌دهی سطوح مواد غذایی می‌باشد (جائگر ۲۰۰۷). در این روش معمولاً سطوح مواد غذایی را با بیوپلیمرهای خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیری همچون پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها و یا ترکیبی از آن‌ها پوشش می‌دهند. در صورت پوشش دادن سطح تخم‌مرغ، روزه‌های پوسته تا حدودی مسدود شده و تبادل رطوبت از روزه‌ها کاهش می‌یابد، به این ترتیب اُفت وزنی و سایر تغییرات فیزیکی و شیمیایی در تخم‌مرغ به تعویق می‌افتد (میر و سپنسر ۱۹۷۳ و جائگر ۲۰۰۷).

پوشش‌دهی با استفاده از روش‌های مختلفی از جمله غوطه‌وری^۱، بُرس‌زنی و اسپری کردن انجام می‌شود (محمدی و همکاران ۱۳۹۱ و کانر ۲۰۰۵). در روش غوطه‌وری، با وارد کردن ماده غذایی در محلول پلیمر، سطوح آن ماده پوشش می‌یابد. در روش بُرس‌زنی، توسط یک بُرس آغشته شده به محلول پلیمر و مالش آن با سطح ماده غذایی، عملیات پوشش‌دهی انجام می‌شود. در روش اسپری کردن نیز، محلول تشکیل‌دهنده پلیمر را در افشانه‌هایی قرار می‌دهند و با اسپری آن بر روی ماده غذایی، لایه نازکی از پلیمر مورد نظر، روی سطح ماده غذایی تشکیل می‌گردد (امبوسکادو و هابر ۲۰۰۹ و کیم و همکاران ۲۰۰۹). امروزه از بیوپلیمرهای مختلفی از جمله موم (بیلا دیو و کتر ۲۰۰۹)، کیتوزان (کانر و کانسیز ۲۰۰۷)، ژلاتین (آل هاجو و همکاران ۲۰۱۲)، پروتئین آب‌پنیر (کانر ۲۰۰۵)، زئین (تاجیک و همکاران ۱۳۸۹ و قنبرزاده و الماسی ۲۰۰۷)، کربوکسی متیل سلولز (محمدی و همکاران ۱۳۹۱ و قنبرزاده و الماسی ۲۰۰۹) جهت پوشش‌دهی مواد غذایی استفاده شده است (امبوسکادو و هابر ۲۰۰۹ و دبیوفورت ۱۹۹۸).

استفاده از پرتوی فرابنفش در زمینه اصلاح بیوپلیمرها قبلاً توسط برخی از پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است (گودرزی و شهابی قهفرخی، ۲۰۱۸). یکی از مکانیسم‌های پیشنهادی برای اصلاح ساختار پلیمرها با استفاده از پرتوهای یونیزه کننده، ایجاد رادیکال‌های آزاد در محیط و حمله آن‌ها به زنجیره پلیمر است. به این ترتیب

برخوردار است (سوپاکول و همکاران ۲۰۱۰). از این رو کنترل کیفیت و بهداشت این ماده غذایی، بلافاصله بعد از تخم‌گذاری اهمیت دارد. ترکیب ساختاری تخم‌مرغ شامل پوسته، سفیده و زرده می‌باشد. پوسته تخم‌مرغ از یک لایه کربنات کلسیم تشکیل شده است و دارای بیش از ۷۰۰۰ روزه در ساختار خود می‌باشد. این لایه دارای دو غشاء داخلی و خارجی است که هر دو غشاء در داخل پوسته قرار دارند و تا حدی از تبادل رطوبت داخل تخم‌مرغ با محیط خارج جلوگیری می‌کنند. در بیرونی‌ترین لایه پوسته تخم‌مرغ نیز لایه‌ای به نام کوتیکول^۱ وجود دارد که تا حدی منافذ موجود در پوسته تخم‌مرغ را می‌پوشاند (توریکو ۲۰۱۰).

در سفیده و زرده تخم‌مرغ به‌طور طبیعی مقداری آب و گاز دی‌اکسید کربن موجود است که موجب حفظ تازگی این محصول می‌شوند (واردی و همکاران ۲۰۱۳). وجود دی‌اکسید کربن، باعث تشکیل محلول اسیدکربنیک در تخم‌مرغ می‌شود که از افزایش pH جلوگیری می‌کند (واردی و همکاران ۲۰۱۰). وجود روزه‌های فراوان در پوسته تخم‌مرغ نیز باعث می‌شود تا طی دوره نگهداری، بخشی از رطوبت و دی‌اکسید کربن موجود در تخم‌مرغ به محیط خارج انتقال یابد (نو و همکاران ۲۰۰۷). با خروج این گازها، پیوندهای بین لیزوزیم و اووموسین^۲ در سفیده نیز گسسته شده و منجر به بروز تغییراتی در کیفیت تخم‌مرغ از جمله کاهش وزن، کاهش ویسکوزیته و افزایش pH آلبومین می‌گردد (مائرس و همکاران ۲۰۰۸). یکی از راهکارهای مفید جهت جلوگیری از بروز این تغییرات، ممانعت از خروج رطوبت و گازهای داخلی تخم‌مرغ است. با استفاده از روش‌های مختلفی از جمله نگهداری تخم‌مرغ در دمای یخچال، استفاده از بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته و عدم شست‌وشوی تخم‌مرغ قبل از دوره نگهداری (به دلیل باقی ماندن کوتیکول پوسته)، می‌توان ماندگاری این ماده غذایی را تا حدودی افزایش داد (روکولی و همکاران ۲۰۰۹).

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های نوین در نگهداری مواد غذایی نظر پژوهشگران را به خود جلب کرده است.

حاصل تحت فرآیند هم زدن قرار گرفت. اسید اولئیک به صورت جداگانه در غلظت یک درصد وزن نشاسته و توئین ۸۰ (امولسیفایر) به میزان ۱۰ درصد وزن اسید اولئیک با یکدیگر مخلوط شدند. ترکیب حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دمای 50°C توسط همزن مغناطیسی همگن شد. به دلیل غیر قطبی بودن اسید چرب و قطبی بودن محلول نشاسته، امتزاج اسید چرب با این محلول دشوار است. به منظور تشکیل امولسیون نشاسته-اسید اولئیک، مقدار ۱۰ گرم آب مقطر به مخلوط اسید اولئیک-امولسیفایر افزوده شد و ترکیب حاصل به مدت ۷ دقیقه توسط هم‌وزن‌ایزر اولتراسونیک (Probe Ultrasonic processor- Dr. Hielscher) یکنواخت گردید. به منظور تهیه محلول پوشش‌دهی، امولسیون اسید چرب به تدریج به محلول ژلاتینه نشاسته اضافه و جهت پخش یکنواخت اسید اولئیک در نشاسته، امولسیون حاصل به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد و به مدت ۵ دقیقه تحت فرآیند اولتراسونیک قرار گرفت.

اصلاح نوری امولسیون

در مرحله‌ای جداگانه، امولسیون‌های نشاسته-اسید اولئیک در بازه‌های زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه تحت تابش پرتو فرابنفش C و در فاصله ۵ سانتی‌متری از لامپ UV-C قرار گرفتند.

در این پژوهش پوشش بر پایه نشاسته-اسید اولئیک با عبارت اختصاری SO نشان داده شده و اعداد ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ بیانگر زمان‌های پرتو دهی با UV-C می‌باشند.

پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها

نمونه‌های تازه و سالم تخم‌مرغ در بازه وزنی ۶۰ تا ۶۵ گرم و همگی از جیره غذایی یک نوبت مشخص در شبانه‌روز، از واحد مرغ تخم‌گذار دانشگاه زنجان خریداری شدند. پس از کدگذاری تخم‌مرغ‌ها، عمل پوشش‌دهی آن‌ها به روش غوطه‌وری دو مرحله‌ای انجام شد. در مرحله اول تخم‌مرغ‌ها در یکی از محلول‌های تهیه‌شده، به‌طور کامل غوطه‌ور و پس از پوشش سطح آن، توسط یک خشک‌کن تونلی (Tary Drier-UOP 400) در دمای 37°C به مدت ۲۰ دقیقه خشک شدند. جهت اطمینان از پوشش ایجاد شده بر سطح تخم‌مرغ‌ها، در مرحله دوم تخم‌مرغ‌های پوشش‌دهی شده مجدداً در همان محلول،

به صورت تصادفی در طول زنجیره پلیمر ضمن ایجاد شکستگی، استخلاف‌های رادیکالی ایجاد می‌شود که می‌تواند محل مناسبی برای ایجاد اتصالات عرضی باشد. علاوه بر این مونومرها و دیمرها تولیدی در طی فرآیند شکست پلیمر، با مکانیسمی شبیه به روان‌کننده‌ها اثر تشکیل اتصالات عرضی را خنثی می‌کنند (گودرزی و شهابی قهفرخی ۲۰۱۸).

برای اصلاح بیوپلیمرها می‌توان از محدوده پرتو فرابنفش در بازه A تا C استفاده کرد. ولی محدوده پرتو فرابنفش C به دلیل انرژی بالاتر می‌تواند در بازه زمانی کوتاه‌تری اصلاحات موردنظر را ایجاد کند (شهابی قهفرخی و همکاران ۲۰۱۹).

تاکنون در هیچ مطالعه‌ای از نشاسته-اسید اولئیک و اصلاح هم‌زمان آن با استفاده از پرتو فرابنفش جهت پوشش سطحی تخم‌مرغ استفاده نشده است. از این رو در این پژوهش به منظور افزایش کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ سعی شد تا پوششی مقرون به صرفه و تا حدودی آب‌گریز تولید، و تأثیر آن بر افزایش کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ در دمای اتاق مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

نشاسته ذرت (۱۲-۱۱ درصد رطوبت) از شرکت زرین ذرت شاهرود تهیه شد. اسید اولئیک، امولسیفایر توئین ۸۰ و گلیسرول از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد. برای واکنش‌های پلیمریزاسیون نوری از لامپ فرابنفش ساخت شرکت فیلیپس (هلند) و در محدوده فرابنفش نوع C با توان ۸ وات استفاده شد.

تهیه سوسپانسیون نشاسته

سوسپانسیون ۵ درصد وزنی- وزنی نشاسته ذرت در آب مقطر تهیه شد. این محلول طی مخلوط شدن توسط همزن مغناطیسی، به مدت ۱۵ دقیقه تحت حرارت در دمای 85°C قرار گرفت. پس از ژلاتینه شدن نشاسته، جهت خروج حباب‌های هوا و سرد شدن آن، سوسپانسیون نشاسته در حالت سکون قرار گرفت. سپس مقدار ۴۰ درصد وزن نشاسته، گلیسرول به عنوان نرم‌کننده به سوسپانسیون ژلاتینه افزوده شد. جهت پخش کامل نرم‌کننده، به مدت ۱۰ دقیقه سوسپانسیون

این دستگاه از سه پایه و یک پروب میخی و یک نمایشگر مدرج تشکیل شده است. برای انجام آزمون، تخم مرغ به آرامی شکسته شده و به آرامی روی صفحه تفلونی کاملاً صاف ریخته شد. میکرومتر سه پایه طوری روی سفیده قرار داده شد که پروب موجود در مرکز دستگاه مقداری بالاتر از سطح سفیده قرار گیرد. سپس با پیچاندن پیچ پروب نوک آن با سطح سفیده تماس شد (شکل ۱). به این ترتیب ارتفاع ضخیم‌ترین قسمت آلبومین اندازه‌گیری شد (محمدی و همکاران ۱۳۹۱). چون اندیس هاو شاخصی است که وابسته به وزن و ارتفاع سفیده تخم مرغ می‌باشد، برای تعیین اندیس هاو علاوه بر اندازه‌گیری ارتفاع سفیده، وزن تخم مرغ‌ها نیز توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. بدین ترتیب با توجه به رابطه ۲ اندیس هاو تعیین گردید. مقدار این شاخص در بازه ۱۰۰ - ۲۰ به دست می‌آید که هرچه این اندیس به عدد ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد کیفیت سفیده تخم مرغ بیشتر است و هرچه این عدد به ۲۰ نزدیک‌تر باشد نشانگر کیفیت نامطلوب سفیده تخم مرغ است (کانر و کانسیز ۲۰۰۷).

$$HU = 100 \log(H - 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad (2)$$

در این معادله HU معرف اندیس هاو، W معرف وزن هر تخم مرغ برحسب گرم و H نیز معرف ارتفاع آلبومین برحسب میلی‌متر می‌باشد.

تعیین درجه بندی تخم مرغ

این شاخص بر اساس میزان اندیس هاو تعیین می‌شود؛ به طوری که تخم مرغ‌های با اندیس هاو بالاتر از ۷۲ با درجه AA بیان می‌شوند که این نوع تخم مرغ بسیار مرغوب هستند. همچنین اندیس هاو بین ۷۱ - ۶۰ با درجه A، اندیس هاو بین ۵۹ - ۳۱ با درجه B و اندیس هاو کمتر از ۳۰ با درجه C نمایش داده می‌شود که نشانگر کیفیت نامطلوب تخم مرغ می‌باشد (کانر ۲۰۰۵ و نو و همکاران ۲۰۰۵).

اندیس زرده

شکل کروی زرده تخم مرغ در قالب اندیس زرده بیان می‌شود. برای تعیین این شاخص، ارتفاع ضخیم‌ترین قسمت زرده (H) توسط یک میکرومتر سه پایه (تقعر سنج)

غوطه‌ور شده سپس توسط خشک‌کن تونلی در همان شرایط ذکر شده برای مرحله اول، خشک شدند. بدین ترتیب دو لایه از پلیمر موردنظر بر سطح پوسته تخم مرغ ایجاد شد.

تخم مرغ‌های پوشش‌دار و فاقد پوشش در جعبه‌های مخصوص تخم مرغ قرار داده و در دمای ۲۵°C نگهداری شدند. تخم مرغ‌ها در بازه زمانی هفت هفته (صفر) (بلافاصله پس از پوشش‌دهی)، یک، سه، پنج و هفت هفته) مورد ارزیابی کیفی و کمی قرار گرفتند.

درصد آفت وزن (WL)

یکی از ساده‌ترین و کاراترین آزمون‌های مورد استفاده جهت تشخیص میزان رطوبت خارج شده از تخم مرغ، درصد کاهش وزن آن است. برای انجام این آزمون از اختلاف وزن تخم مرغ‌ها در هفته‌های مختلف نسبت به وزن اولیه در هفته صفر، درصد آفت وزن محاسبه شد (کانر ۲۰۰۵).

همه نمونه‌های پوشش داده شده بعد از خشک شدن پوشش سطح آن‌ها، همچنین تخم مرغ‌های بدون پوشش، توسط یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند (وزن هفته صفر). سپس در بازه‌های زمانی مشخص (هفته اول، سوم، پنجم و هفتم) مجدداً توزین نمونه‌ها انجام شد و بر اساس رابطه ۱ کاهش وزن نمونه‌ها برحسب درصد تعیین گردید.

$$WL = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه WL معرف آفت وزنی، S₁ وزن اولیه تخم مرغ بلافاصله بعد از پوشش‌دهی و S₂ وزن تخم مرغ در هفته موردنظر است.

اندیس هاو

این آزمون جهت تعیین کیفیت و تازگی تخم مرغ طراحی شده است. هرچقدر تخم مرغ تازه‌تر باشد ویسکوزیته سفیده بیشتر و به تبع آن ارتفاع سفیده بر روی سطح صاف بیشتر خواهد بود. بر همین اساس در آزمون اندیس هاو، ارتفاع سفیده به عنوان شاخص کیفیت تخم مرغ اندازه‌گیری می‌شود. جهت اندازه‌گیری ارتفاع سفیده از یک میکرومتر سه پایه (تقعر سنج) استفاده شد.

(تاجیک و همکاران ۱۳۸۹). شکل ۲ درصد اُفت وزنی نمونه‌های تیمار شده با بیوپلیمر نشاسته-اسید اولئیک خام و پرتودهی شده با UV-C را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، میزان اُفت وزن، در تمامی گروه‌های تیمار طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای افزایش یافته است ولی این افزایش در گروه فاقد پوشش در بیشتر است. درصد اُفت وزن نمونه‌های فاقد پوشش در هفته اول ۲/۶۴ درصد و در هفته هفتم ۱۱/۸۳ درصد بود.

نتایج این مطالعه با یافته‌های بیلابیو و کور هم‌مانگی خوبی دارد. این محققین مشاهده کردند که درصد اُفت وزنی طی دوره نگهداری بین تیمارهای فاقد پوشش و پوشیده شده با واکس و روغن تفاوت معنی‌داری داشته است و پوشش‌دهی موجب کاهش اُفت وزنی تخم‌مرغ‌ها شده است (بیلابیو و کور ۲۰۰۹). با این حال محمدی و همکاران، برخلاف نتایج این مطالعه مشاهده کردند که افزودن اسید اولئیک به محلول کربوکسی متیل سلولز تأثیر معنی‌داری در کاهش اُفت وزنی تخم‌مرغ‌های پوشیده شده نداشته است. به نظر می‌رسد نوع ماده پوشش‌دهنده، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی پوشش، کیفیت داخلی تخم‌مرغ، اندازه و شرایط محیط نگهداری تخم‌مرغ بر اُفت وزنی تخم‌مرغ‌ها طی مدت نگهداری مؤثر بوده است (محمدی و همکاران ۱۳۹۱).

در کل دوره نگهداری تخم‌مرغ‌ها، اُفت وزنی نمونه‌های پوشش‌دار کمتر از نمونه‌های فاقد پوشش بود. در بین نمونه‌های پوشیده شده نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه بین پوشش‌های پرتودهی شده و فاقد پرتودهی، تفاوت معنی‌داری طی دوره هفت‌هفته‌ای مشاهده نشد، ولی در هفته سوم اُفت وزنی نمونه پوشش‌دهی شده با کامپوزیت نشاسته-اسید اولئیک پرتودهی شده با UV-C به مدت ۹۰ دقیقه (SO 90) به‌طور معنی‌داری از اُفت وزنی نمونه‌های پوشش داده شده با کامپوزیت نشاسته-اسید اولئیک پرتودهی نشده (SO 0) کمتر بود.

و قطر زرده توسط یک کولیس مطابق شکل ۱ اندازه‌گیری شد. از تقسیم ارتفاع زرده بر قطر آن (W) مطابق رابطه ۳ مقدار این شاخص محاسبه شد. استاندارد این شاخص برای تخم‌مرغ سالم ۰/۴۵ می‌باشد و هرچه عدد حاصل به ۰/۴۵ نزدیک‌تر باشد بیانگر کیفیت بالای زرده است (کانر و کانسیز ۲۰۰۷ و محمدی و همکاران ۱۳۹۱).

$$\text{Yolk Index} = \frac{H}{W} \quad \text{رابطه (۳)}$$



شکل ۱- اندازه‌گیری ارتفاع و قطر زرده تخم‌مرغ
Figure 1- Measurement of height and diameter of egg yolk

اندازه‌گیری pH

برای تعیین pH سفیده تخم‌مرغ، از یک pH متر دیجیتالی (pH Metris 86502) پس از جدا کردن کامل زرده از سفیده استفاده شد (ناصری و همکاران ۱۳۹۶).

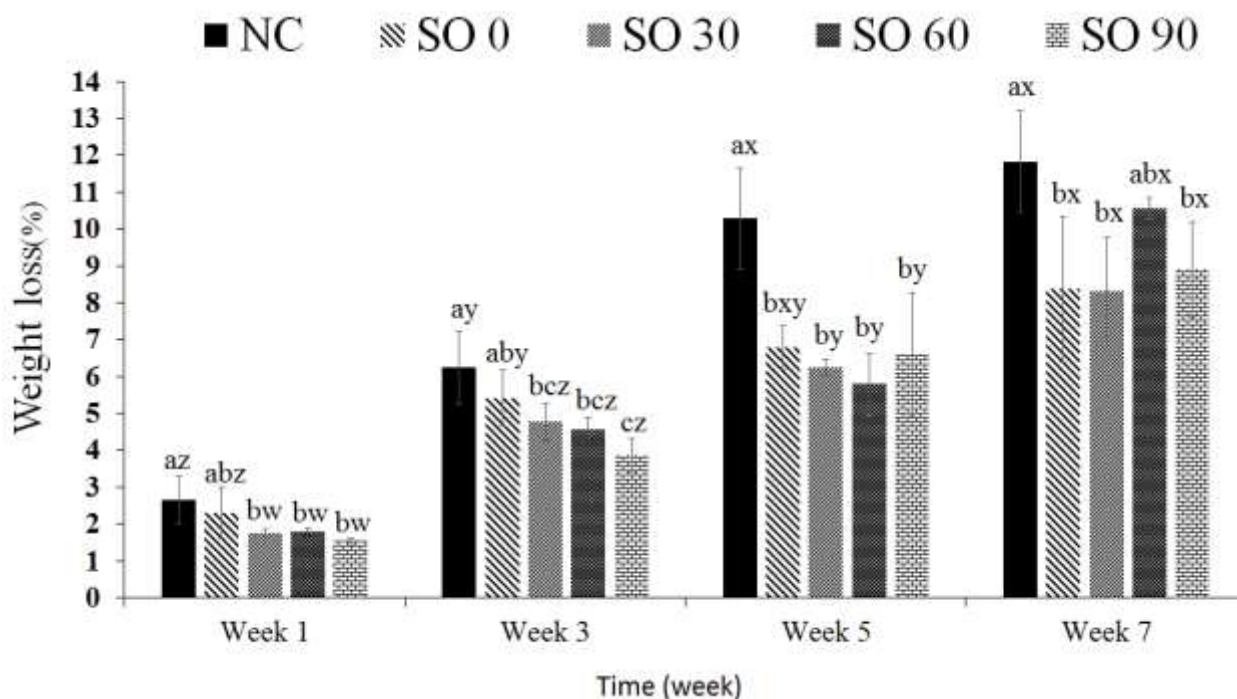
آنالیزهای آماری

در این پژوهش، تمامی آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش ANOVA در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها از روش دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ استفاده شد. همچنین برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

نتایج و بحث

افت وزن

به‌طور کلی با افزایش طول دوره نگهداری تخم‌مرغ افت وزنی افزایش می‌یابد. این کاهش وزن، به دلیل خروج آب داخل تخم‌مرغ از منافذ موجود در پوسته رخ می‌دهد



شکل ۲- افت وزنی در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته-اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کم پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)

حروف متفاوت A, B, C, D نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در هر هفته است. حروف X, Y, Z, W نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در یک تیمار مشخص و طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای آن است.

Figure 2 - Weight loss in uncoated (NC) and coated egg using with starch-oleic acid (SO) that modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min)

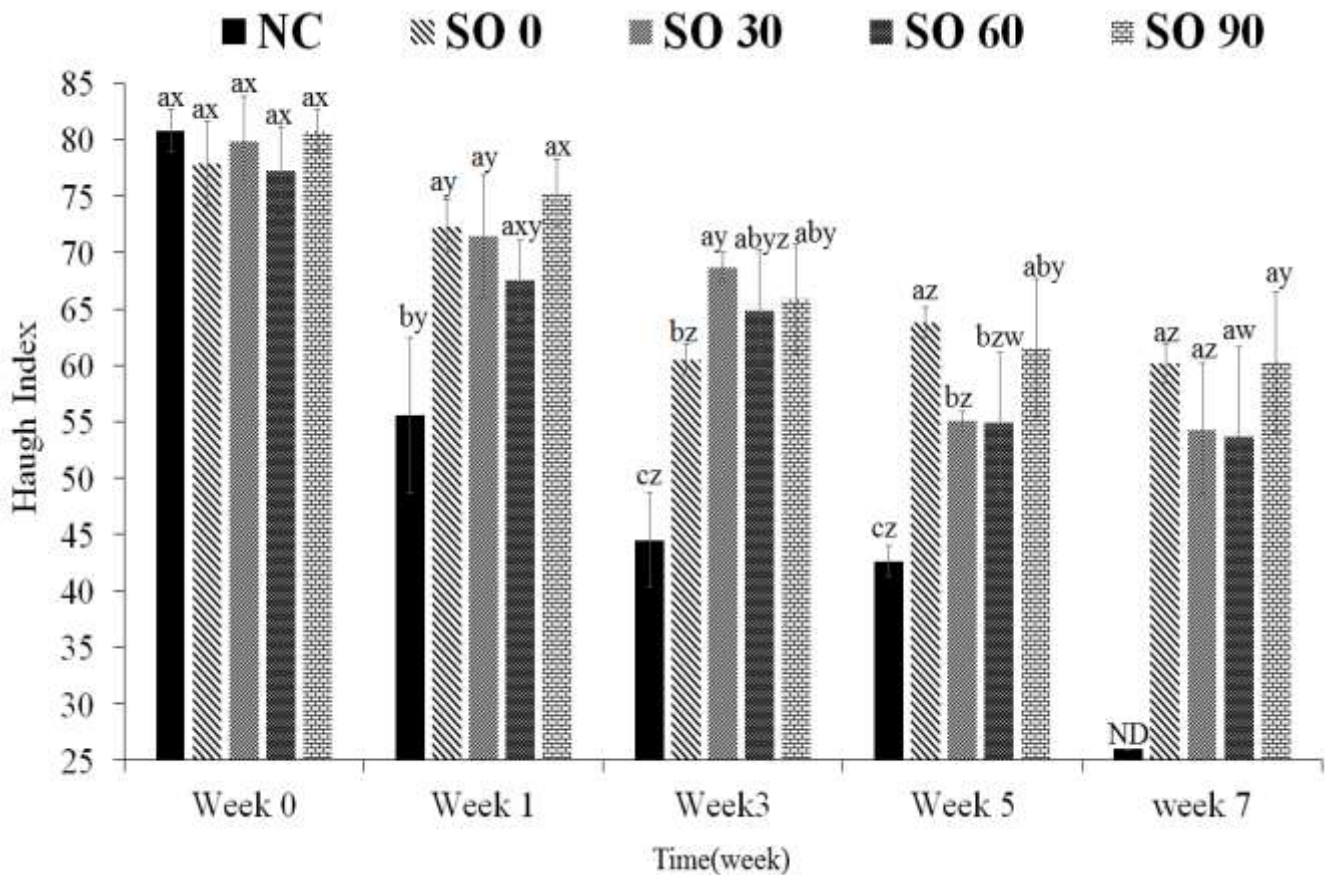
The different letters A, B, C, D represent a significant difference between different treatments in every week. The letters X, Y, Z, W indicate a significant difference in the treatments during 7-week shelf life.

شده اگرچه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، ولی اندیس هاو گروه‌های SO 90 و SO 0 در هفته پنجم به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه بدون پوشش، گروه پوشش‌دهی شده با کامپوزیت نشاسته-اسید اولئیک پرتو‌دهی شده با UV-C به مدت ۳۰ دقیقه (SO 30) و گروه پوشش‌دهی شده با کامپوزیت نشاسته-اسید اولئیک پرتو‌دهی شده با UV-C به مدت ۶۰ دقیقه (SO 60) بیشتر بود. در هفته هفتم نیز اگرچه تفاوت معنی‌داری بین اندیس هاو تیمارهای پوشش‌دار وجود نداشت ولی اندیس هاو گروه‌های SO 90 و SO 0 بالاتر از سایر گروه‌های تیمار بودند.

اندیس هاو

طی دوره نگهداری تخم‌مرغ واکنش‌های آنزیمی در سفیده تخم‌مرغ تشدید می‌گردد. بدین ترتیب پیوندهای بین اسیدهای آمینه آلومین گسسته می‌شوند. در نتیجه این تغییرات، ارتفاع سفیده تخم‌مرغ و اندیس هاو کاهش می‌یابد.

شکل ۳ مقادیر اندیس هاو گروه‌های مختلف تیمار را نشان می‌دهد. اندیس هاو طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای در تمامی گروه‌های تیمار کاهش یافته است. این کاهش در گروه فاقد پوشش بیش از سایر گروه‌ها مشهود است. کاهش اندیس هاو گروه فاقد پوشش به حدی رسید که در هفته هفتم به علت تخریب ساختار آلومین و زرده قابل اندازه‌گیری نبود (شکل ۴). در بین نمونه‌های پوشیده



شکل ۳- اندیس هاو در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته-اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کمک پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)

Figure 3 - Haugh Index loss in uncoated (NC) and coated egg using with starch-oleic acid (SO) that modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min)

The different letters A, B, C, D represent a significant difference between different treatments in every week. The letters X, Y, Z, W indicate a significant difference in the treatments during 7-week shelf life. ND: not determined.



شکل ۴- A) زرده تخم‌مرغ پوشش‌دهی شده توسط بیوپلیمر نشاسته-اسید اولئیک در هفته هفتم و B) زرده تخم‌مرغ فاقد پوشش در هفته هفتم

Figure 4- A) egg yolk of the coated egg using with starch-oleic acid, and B) egg yolk of the uncoated egg after 7-week shelf life

بیش از سایر گروه‌ها حفظ نمایند. اندیس هاو گروه SO 0 در هفته هفتم ۵۹/۶۳ و اندیس هاو گروه SO 90 در همین زمان برابر ۶۰/۳۳ بوده است. این در حالی است که

از آنجایی که کیفیت آلبومین در هفته‌های پایانی دوره نگهداری بسیار حائز اهمیت است به نظر می‌رسد هر دو تیمار SO 90 و SO 0 توانسته‌اند کیفیت سفیده تخم‌مرغ را

پونه کوهی بر اندیس هاو تخمرغ گزارش شده است (تاجیک و همکاران ۱۳۸۹).

تعیین درجه کیفیت تخمرغ بر اساس اندیس هاو

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، درجه کیفیت تمامی گروه‌های تیمار طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای کاهش یافته است ولی این کاهش برای تخمرغ‌های فاقد پوشش بیشتر است. درجه کیفیت تخمرغ‌های فاقد پوشش در هفته اول از AA به B رسیده است در حالی که درجه کیفیت تخمرغ‌های گروه SO 0 و SO 90 در هفته هفتم به A رسیده است.

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که کیفیت سفیده تخمرغ‌های گروه‌های SO 0 و SO 90 در هفته هفتم بیشتر از کیفیت سفیده تخمرغ فاقد پوشش در هفته اول است. این مطلب شاهد افزایش ماندگاری و کیفیت سفیده تخمرغ به بیش از هفت هفته است.

اندیس هاو گروه فاقد پوشش در هفته اول ۵۵/۵۵ است. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن است که پوشش پلیمری تولید شده بر پایه نشاسته-اسید اولئیک توانسته کیفیت سفیده تخمرغ را به بیش از هفت هفته افزایش دهد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تغییرات نوسانی در اندیس هاو نمونه‌های پوشش‌دهی شده و سایر نمونه‌ها طی دوره نگهداری وجود دارد. چون اندیس هاو، کمیتی وابسته به ارتفاع آلومین و وزن تخمرغ است، به نظر می‌رسد به دلیل ماهیت تخریبی آزمون اندیس هاو و تغییرات نامتناسب دو عامل وزن و ارتفاع آلومین، تغییرات نوسانی و به دور از انتظار اندیس هاو مشاهده شده است.

نتایج مشابه این تحقیق نیز، توسط تاجیک و همکاران، در مورد تأثیر پوشش زئین و کیتوزان حاوی اسانس

جدول ۱- درجه‌بندی تخم‌مرغ‌ها فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته-اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کمک پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه) بر اساس اندیس‌ها و (اعداد درون پرانتز) طی هفت هفته نگهداری در دمای اتاق

Table 1- Chiken egg grading* and Haugh index (mean±SD)** of uncoated (NC) and coated chiken eggs using starch-oleic acid (SO) modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min) during 7-week shelf life at ambient temperature

Coating	Storage Time (week)				
	0	1	3	5	7
NC	AA (80.80±1.84)	B (55.55±6.90)	B (44.50±4.14)	B (42.65±1.36)	Non detected
SO 0	AA (77.97±3.72)	AA (72.38±2.36)	A (60.52±1.31)	A (63.82±1.39)	A (60.18±1.74)
SO 30	AA (79.95±3.92)	A (71.48±5.45)	A (68.70±1.28)	B (55.09±0.82)	B (54.33±5.84)
SO 60	AA (77.30±3.80)	A (67.54±3.51)	A (64.84±5.44)	B (54.88±6.22)	B (53.66±8.02)
SO 90	AA (80.82±1.87)	AA (75.30±2.94)	A (65.88±4.88)	A (61.52±6.13)	A (60.33±6.23)

* A and B indicate degree of the eggs regard to Haugh index

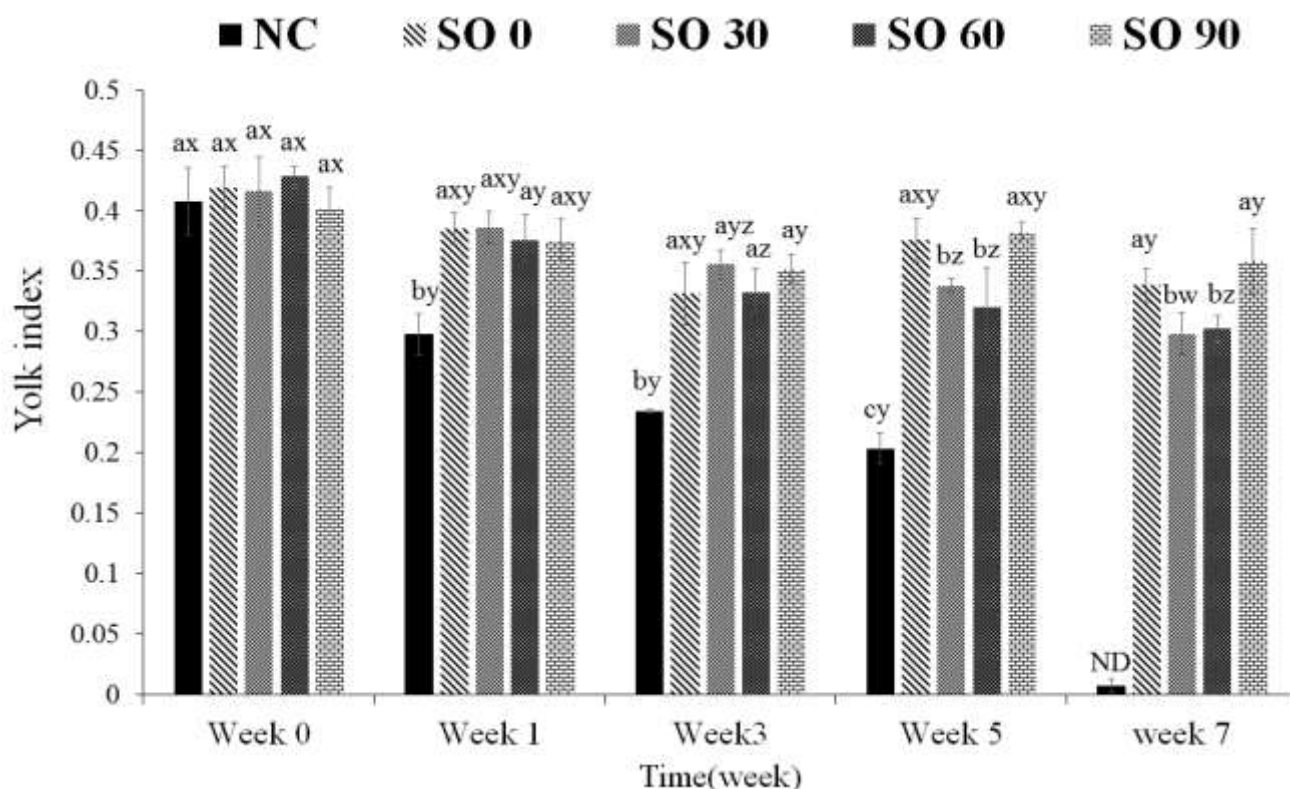
** Means with significantly different ($P < 0.05$).

اندیس زرده

شکل کروی زرده تخم‌مرغ در قالب اندیس زرده بیان می‌شود. شکل ۵ تغییرات اندیس زرده در گروه‌های مختلف تیمار را نشان می‌دهد. مقدار اندیس زرده طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای در تمامی گروه‌های تیمار کاهش یافته است. این کاهش در گروه فاقد پوشش بیش از سایر گروه‌های تیمار مشاهده شد، به طوری که از هفته اول تا پایان هفته پنجم اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های فاقد پوشش و پوشش‌دار مشاهده شد.

در بین نمونه‌های پوشیده شده در هفته‌های پایانی دوره نگهداری نیز، اندیس زرده گروه SO 0 و SO 90 به طور معنی‌داری از سایر گروه‌های پوشش‌دار بیشتر بود. اندیس زرده در هفته هفتم برای گروه‌های SO 0 و SO 90 به ترتیب برابر ۰/۳۳ و ۰/۳۵ بود. درحالی که اندیس زرده تخم‌مرغ فاقد پوشش در هفته اول (۰/۲۹) بوده است. این مطلب بیانگر است که پوشش SO 0 و SO 90 می‌توانند

مانع کاهش اندیس زرده و کاهش کیفیت تخم‌مرغ به مدت حداقل هفت هفته بشوند. در هفته پنجم و هفتم نمونه‌های SO 0 و SO 90 دارای بالاترین اندیس زرده در مقایسه با سایر نمونه‌ها می‌باشند. با مقایسه تیمارهای SO 0 و SO 90 طی دوره هفت‌هفته‌ای نیز مشاهده می‌شود که تغییرات کمتری در طول زمان در این تیمارها نسبت به سایر گروه‌ها وجود داشته است و در نتیجه اندیس زرده با شیب کمتری کاهش یافته است. تغییرات اندیس زرده (شکل ۵) در این پژوهش مطابقت خوبی با نتایج اندیس‌ها و همین نمونه‌ها نیز دارد (شکل ۴). نتایج نشان می‌دهد، حضور اسید اولئیک در کامپوزیت بدون پرتوهای نتایجی مشابه با زمان‌های طولانی‌تر پرتوهای توسط فرابنفش دارد. پیش‌ازاین نیز نتایج مشابهی توسط بهاله و همکاران، در بررسی تأثیر پوشش کیتوزان بر کاهش اندیس زرده طی ۵ هفته نگهداری تخم‌مرغ گزارش شده است (بهاله و همکاران ۲۰۰۳).



شکل ۵- اندیس زرده در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته- اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کمک پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)

Figure 5- Yolk Index loss in uncoated (NC) and coated egg using with starch-oleic acid (SO) that modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min)

The different letters A, B, C, D represent a significant difference between different treatments in every week. The letters X, Y, Z, W indicate a significant difference in the treatments during 7-week shelf life. ND: not determined.

pH سفیده

شکل ۶ تغییرات pH سفیده تخم‌مرغ پوشش‌دهی شده و فاقد پوشش را نشان می‌دهد. روند تغییرات pH سفیده طی دوره نگهداری هفت‌هفته‌ای برای تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش به صورت افزایشی می‌باشد. طی دوره هفت‌هفته‌ای بیشترین تفاوت در pH، در هفته اول رخ داده است. به طوری که pH سفیده برای تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش در هفته صفرم ۸/۴۰ و در هفته اول به ۹/۳۵ افزایش یافته است.

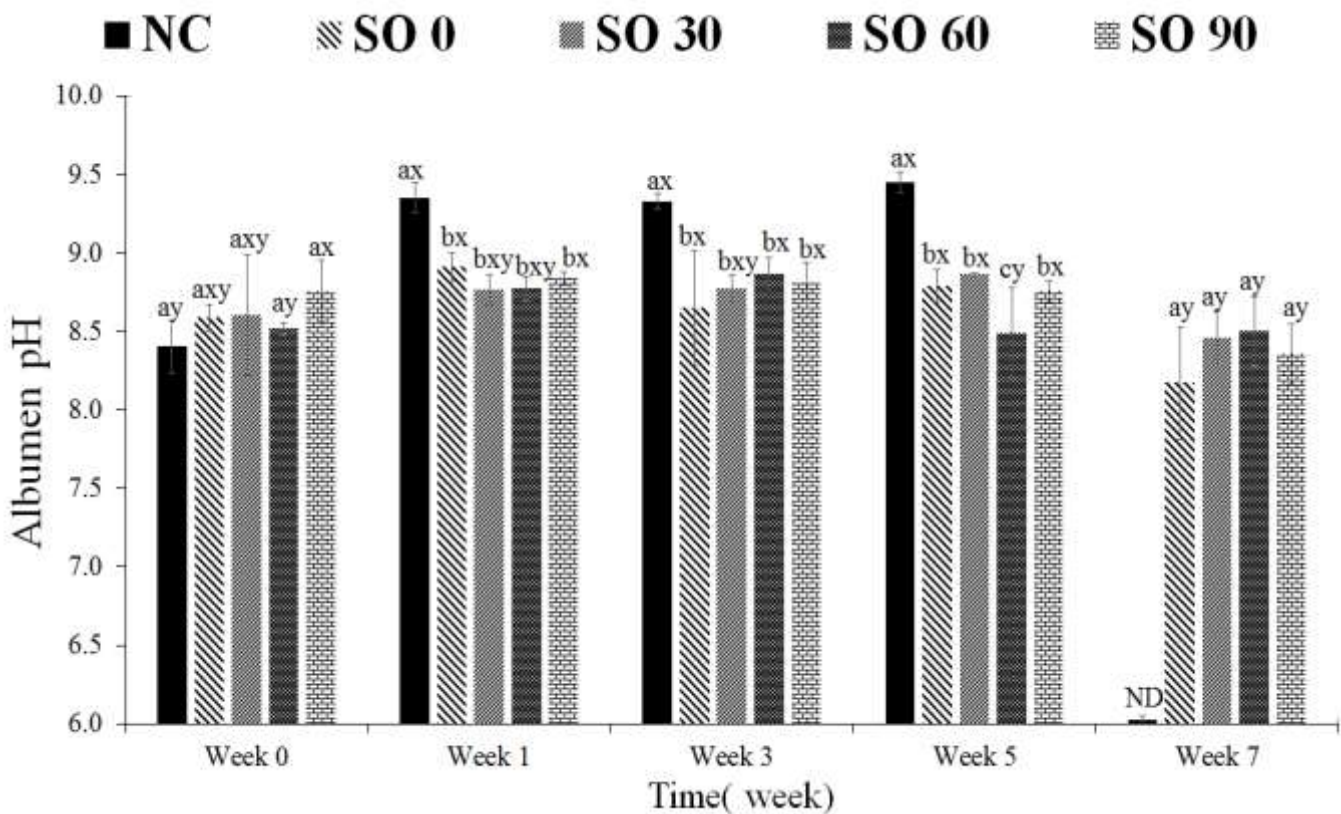
همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، در هفته صفرم، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تیمار وجود ندارد. با گذشت زمان و طی دوره نگهداری، به علت خروج گاز دی‌اکسید کربن از منافذ موجود در پوسته، pH سفیده در گروه فاقد پوشش افزایش یافت. در گروه‌های

به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت قطبی پوشش‌های بر پایه نشاسته و ماهیت غیر قطبی CO₂ خروج این گاز از تخم‌مرغ طی دوره نگهداری اُفت جدی پیدا می‌کند. از طرفی با افزودن اسید اولئیک به نشاسته، آب‌گریزی آن افزایش یافته به این ترتیب تبادلات آب و گاز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر گودرزی و شهابی (۲۰۱۸) در پژوهش‌های خود مشاهده نموده‌اند؛ که کاهش اندازه زنجیره نشاسته، تشکیل اتصالات عرضی و تولید مونو و دی ساکاریدها در طی پرتودهی عواملی اساسی در کنترل تراوایی نشاسته اصلاح شده توسط پرتوی فرابنفش نسبت به تبادلات گازی هستند. از این رو به نظر می‌رسد این عوامل نقش به‌سزایی در بروز این نتایج داشته باشد.

تخم‌مرغ را بررسی کردند و نتیجه گرفتند، که در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش، pH سفیده طی دوره ۵ هفته‌ای افزایش و در مقابل، pH سفیده گروه پوشیده شده در این مدت کاهش می‌یابد (پوجولس و همکاران ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت قطبی پوشش‌های بر پایه نشاسته و ماهیت غیر قطبی CO_2 خروج این گاز از تخم‌مرغ آفت جدی پیدا می‌کند. از طرفی با افزودن اسید اولئیک به نشاسته، آب‌گریزی آن افزایش یافته به این ترتیب تغییر در میزان تبادلات آب و CO_2 از تخم‌مرغ نقش مؤثری در بروز این نتایج داشته است.

پوشش‌دار چون پوشش نشاسته‌ای تا حدودی منافذ موجود در پوسته را مسدود ساخته است، دی‌اکسید کربن در تخم‌مرغ به دام افتاده به این ترتیب pH سفیده تقریباً ثابت مانده است. اگرچه تفاوت معنی‌داری در pH سفیده تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار در پایان هفته هفتم وجود ندارد ولی این مقدار برای گروه $\text{SO} 0$ و $\text{SO} 90$ کمتر از سایر گروه‌ها بود.

همانگی خوبی بین نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از مطالعه پوجولس و همکاران، وجود دارد. این محققین اثر امولسیون روغن سویا و کیتوزان در پوشش‌دهی



شکل ۶- pH سفیده در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته-اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کمک پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)

Figure 6- pH of albumen in uncoated (NC) and coated egg using with starch-oleic acid (SO) that modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min)

The different letters A, B, C, D represent a significant difference between different treatments in every week. The letters X, Y, Z, W indicate a significant difference in the treatments during 7-week shelf life. ND: not determined.

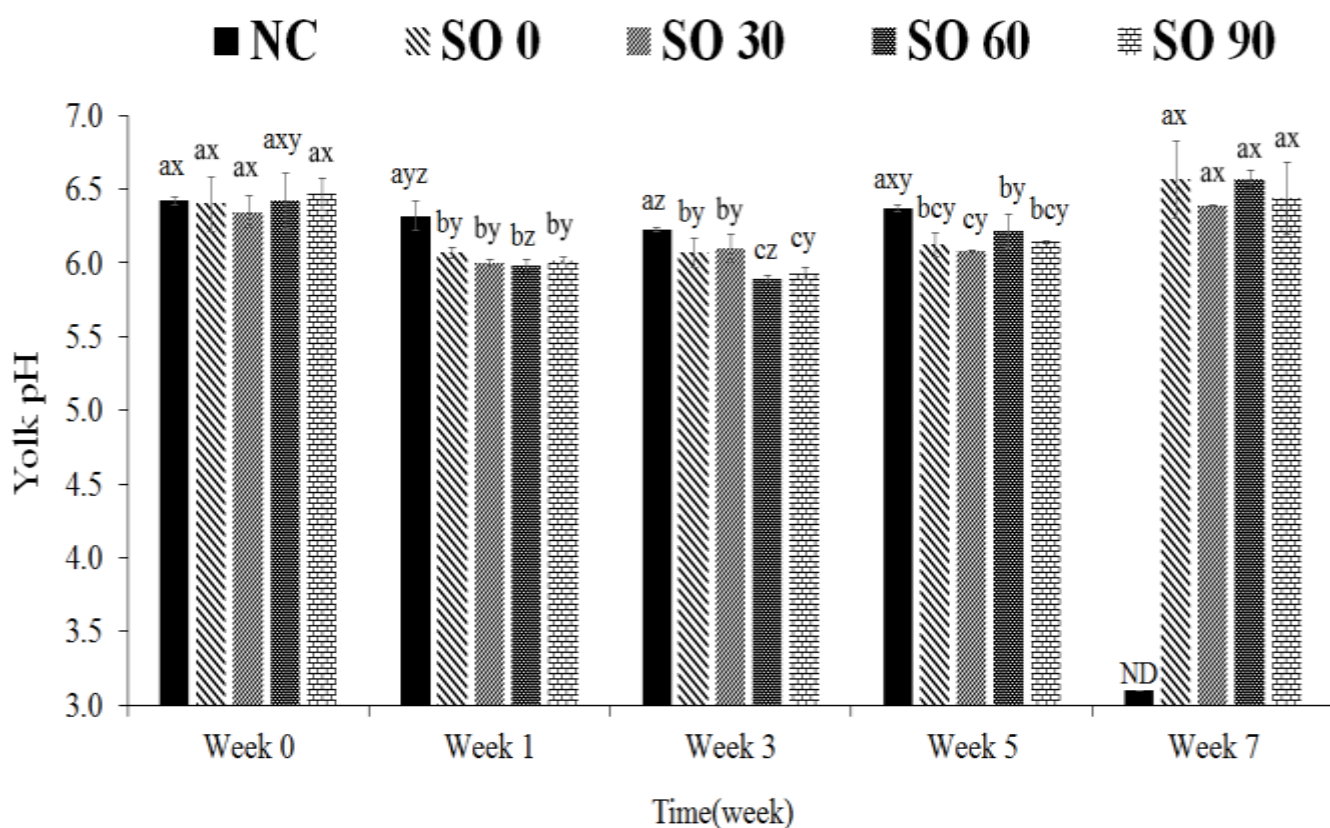
پوشش‌دار را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود برخلاف روند افزایشی pH سفیده طی

pH زرده

شکل ۷ pH زرده تخم‌مرغ در نمونه‌های فاقد پوشش و

معنی‌داری بین گروه فاقد پوشش و پوشش‌دار ملاحظه شد ولی در پایان هفته هفتم تغییرات معنی‌داری بین گروه‌های پوشش دهی شده مشاهده نشد. نتایج این مطالعه تا حدودی با نتایج حاصل از پژوهش بیلابیو و کنر هماهنگی دارد. این محققین گزارش کردند که pH زرده در نمونه‌های فاقد پوشش و پوشش‌دار تا اواسط دوره نگهداری روند نزولی و پس‌از آن تا انتهای دوره روند صعودی دارد (بیلابیو و کنر ۲۰۰۹)

دوره نگهداری، pH زرده دارای روند کاهشی می‌باشد. این کاهش در هفته سوم به کمترین مقدار رسیده و پس از هفته سوم روند تقریباً افزایشی در تمامی تیمارها مشاهده شد. در هفته هفتم نیز به علت تخریب ساختار زرده در گروه فاقد پوشش، pH قابل‌اندازه‌گیری نبود. به نظر می‌رسد، مقداری از گاز CO₂ و رطوبت موجود در سفیده در اوایل دوره نگهداری تخم‌مرغ، به داخل زرده نفوذ کرده و موجب کاهش pH آن شده است (مودانایاکا ۲۰۱۶). اگرچه در تمامی هفته‌ها به جز هفته صفرم تفاوت



شکل ۷- pH زرده در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (NC) و پوشش‌دهی شده با نشاسته-اسید اولئیک (SO) اصلاح شده به کمک پرتوی UV-C در زمان‌های مختلف (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)

Figure 7- pH of yolk in uncoated (NC) and coated egg using with starch-oleic acid (SO) that modified by UV-C at different exposer times (0, 30, 60 and 90 min)

The different letters A, B, C, D represent a significant difference between different treatments in every week. The letters X, Y, Z, W indicate a significant difference in the treatments during 7-week shelf life. ND: not determined.

نتیجه‌گیری در این پژوهش، پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها، با استفاده از محلول نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده به کمک پرتو UV-C در بازه‌های زمانی (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه) انجام گرفت. به‌طورکلی نتیجه‌گیری می‌شود، که پوشش نشاسته-اسید اولئیک در زمان صفر و ۹۰ دقیقه پرتو

نتیجه‌گیری در این پژوهش، پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها، با استفاده از محلول نشاسته-اسید اولئیک اصلاح شده به کمک پرتو UV-C در بازه‌های زمانی (۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه) انجام گرفت. به‌طورکلی نتیجه‌گیری می‌شود، که پوشش نشاسته-اسید اولئیک در زمان صفر و ۹۰ دقیقه پرتو

تخم‌مرغ بهبود یافته و سبب افزایش هزینه و وقت می‌شود؛ بنابراین پرتودهی با این هدف توصیه نمی‌شود. ولی ممکن است این کار روی بار میکروبی تخم‌مرغ تأثیرگذار باشد که بهتر است در پژوهش‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

با UV-C کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ را به بیش از هفت هفته افزایش داده است. در واقع می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به مشابه بودن اثرات پوشش‌های بدون پرتودهی و پرتودهی شده به مدت ۹۰ دقیقه، استفاده از پرتو فرابنفش برای اصلاح پوشش و بهبود پارامترهای کیفی

منابع مورد استفاده

- تاجیک ح، اعلا باف یوسفی ف و مرادی م، ۱۳۸۹. اثرات پوشش‌های خوراکی ژئین و کیتوزان حاوی اسانس پونه کوهی بر روی ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۰، ۷۳-۹۰.
- محمدی ش، قنبرزاده ب، صوتی م، قیاسی فر ش، جلالی س ح، ۱۳۹۱. کاربرد پوشش‌های فعال خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اسید اولئیک و ترکیبات ضد میکروبی برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری تخم‌مرغ، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۸، ۲۳۵-۲۴۴.
- محمدی ش، قنبرزاده ب، صوتی م، قیاسی فر ش، ۱۳۹۲. بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز بر اساس حداقل افت وزنی و حداکثر اندیس‌هاو در تخم‌مرغ با استفاده از روش سطح پاسخ RSM، نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۵، ۴۳-۵۸.
- ناصری ب، برزگر ح، نوری م، جلدانی ش، ۱۳۹۶. بررسی اثر پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی نانورس و اسانس نعناع بر ویژگی‌های انبارمانی تخم‌مرغ، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۸، ۲۲۹-۲۳۹.
- Al-Hajo NN, Zangana BS, Al-Janabi LA, and Al-Khalani F, 2012. Effect of coating materials (gelatin) and storage time on internal quality of chicken and quail eggs under refrigerated storage. *Egyptian Poultry Science Journal* 32:107-115.
- Bhale S, No H K, Prinyawiwatkul W, Farr AJ, Nadarajah K, Meyers S, 2003. Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of food science* 68:2378-2383.
- Biladeau A, and Keener K. 2009. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry science* 88:1266-1274.
- Caner C. 2005. Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:2143-2148.
- Caner C, and Cansiz O. 2007. Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:227-232.
- Debeaufort F, Quezada-Gallo JA, and Voilley A. 1998, Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science* 38:299-313.
- Ekrami M, and Emam-Djomeh Z. 2016, Effect of fatty acids on physical, mechanical and moisture barrier based edible film-properties of salep. *Journal of Food Science & Technology* 13: 159-167.
- Embuscado ME, and Huber KC. 2009, Edible films and coatings for food applications. Springer.
- Ghanbarzadeh B, Almasi H, and Zahedi Y. 2009. Biodegradable edible biopolymers in food and drug packaging, Tehran Polytechnic Press.
- Ghanbarzadeh B, Oromiehie A, Musavi M, Falcone P M, Emam-Djomeh Z, and Rad ER. 2007. Study of mechanical properties, oxygen permeability and AFM topography of zein films plasticized by polyols. *Packaging Technology and Science: An International Journal* 20:155-163.
- Vahid Goudarzi, and Iman Shahabi-Ghahfarrokhi. 2018. Photo-producible and photo-degradable starch/TiO₂ bionanocomposite as a food packaging material: Development and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules* 106:661-669.
- Joerger RD. 2007. Antimicrobial films for food applications: a quantitative analysis of their effectiveness. *Packaging Technology and Science* 20:231-273.

- Kim SH, Youn DK, No HK, Choi SW, and Prinyawiwatkul W. 2009. Effects of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International journal of food science & technology* 44:1351-1359.
- Mathers C, Fat DM, and Boerma JT, 2008. The global burden of disease: 2004 update. World Health Organization.
- Meyer, R. Spencer, J.V, 1973. The effect of various coatings on shell strength and egg quality. *Poultry Science* 52:703-711.
- Mudannayaka A I, Rajapaksha D S W, and Kodithuwakku K A H T. 2016. Effect of Beeswax, Gelatin and Aloe vera Gel Coatings on Physical Properties and Shelf Life of Chicken Eggs Stored at 30 C. *Journal of World's Poultry Research* 6:06-13.
- No H, Meyers S, Prinyawiwatkul W, Xu Z, 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of food science* 72: R87-100.
- No HK, Prinyawiwatkul W, and Meyers SP, 2005. Comparison of shelf life of eggs coated with chitosans prepared under various deproteinization and demineralization times. *Journal of food science* 70: s377 - s382.
- Pujols KD, Osorio L, Carrillo EP, Wardy W, Torrico D D, No HK, Corredor JAH, and Prinyawiwatkul W. 2014. Comparing effects of α -vs. β -chitosan coating and emulsion coatings on egg quality during room temperature storage. *International journal of food science & technology* 49:1383-1390.
- Rocculi P, Tylewicz U, Pękosławska A, Romani S, Sirri F, Siracusa V, Dalla Rosa M. 2009. MAP storage of shell hen eggs, Part 1: Effect on physico-chemical characteristics of the fresh product. *LWT-food science and Technology* 42:758-762.
- Shahabi-Ghahfarokhi I, Goudarzi V, and Babaei-Ghazvini A. 2019. Production of starch based biopolymer by green photochemical reaction at different UV region as a food packaging material: Physicochemical characterization, *International Journal of Biological Macromolecules* 122:201-209.
- Suppakul P, Jutakorn K, Bangchokedee Y. 2010. Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of food engineering* 98:207-213.
- Torrico DD. 2010. Effects of Emulsion Coatings on the Internal Quality and Shelf Life of Eggs.
- Wardy W, Torrico DD, Herrera Corredor JA, No HK, Zhang X, Xu Z, 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 & Technology* 48:1148-1156.
- Wardy W, Torrico DD, No HK, Prinyawiwatkul W, Saalia FK. 2010. Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. *International journal of food science & technology* 45:2659-2668.

Journal of Food Researches/vol.31 No.1, 2021/pp 67-81
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>
DOI: 10.22034/fr.2021.32997.1664

Investigation into extending shelf life of chicken eggs using UV-C irradiated starch-oleic acid coating solutions

H Jahangir-Esfahani¹, I Shahabi-Ghahfarrokhi^{2*} and R Pourata³

Received: April 28, 2019 Accepted: June 23, 2019

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³Assistant Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

* Corresponding author: i.shahabi@znu.ac.ir

Introduction: Chicken egg is one of the most important foods because of its high protein and fat-soluble vitamins. The freshness of chicken egg is dependent on its carbon dioxide content and moisture which usually emit into the surrounding atmosphere through shell-pores during storage. Correspondingly, this would affect the quality of chicken egg. Numerous studies have established techniques to prevent the CO₂ emission using biopolymer coating thus extending the shelf life of chicken egg. Starch is commonly utilized for this purpose. Starch is a bio-based, accessible and cost-effective. On the one hand, hydroxyl groups in the starch chain create hydrogen bonds between starch and water. On the other hand, free space between the starch chains facilitates movement of water molecules through this space. However, high permeability of starch to water vapor is an obstacle to achieving this aim. Nevertheless, virgin starch can be decreased water vapor permeability by increasing water transition distance. Barrierity of starch based coating can be enhanced by adding hydrophobic materials i.e. lipids to coating formula. Oleic acid (OA), mainly present in animal and vegetable fats and oils, can reduce water vapor transition rate of the hydrophilic biobased materials. This fatty acid is liquid at room temperature, hence, miscible with biobased material without the need of further heating treatment. On the one hand, mixing starch with fatty acids can reduce its hydrophilicity and permeability to water vapor. On the other hand, UV irradiation can be applied as an inexpensive, easy to operate and environmental-friendly (green) technology, to modify the biopolymers. It is of note that other ionizing beams such as Gamma can improve packaging properties of biopolymers yet, due to its nuclear waste is rarely used (Goudarzi et al, 2018). UV radiation induces the production of free radicals in aquatic solutions. The free radicals attack to starch chains. As a result, the injured chains possess a tremendous potential to produce cross-links. Accordingly, it seems that the exposure of the aqueous film solution to UV ray can be used as a green process to modify the packaging properties of biopolymers. The extension of the shelf life of chicken egg by the coating during the storage is the main purpose of this study.

Material and methods: Aqueous dispersion of starch (5% (w/w)) was prepared and heated until its gelatinization (85 °C for 90 min). Glycerol as plasticizer (40% of dry base (w/w)) was added and agitated for 15 min. Oleic acid (1% of dry base (w/w)) was mixed with Tween 80 as emulsifier (10% of OA (w/w)). The solution was thoroughly mixed and heated (50 °C for 10 min). Subsequently, 10 ml of distilled water was gradually added to the solution and homogenized by ultrasonic homogenizer (Dr. Hielscher, Teltow, Germany) for 7 min. The OA based emulsion was gradually added to starch solution and mixed for 10 min. Furthermore, the solution was homogenized by ultrasonic homogenizer for 7 min and mounted under three UV-C lamps (8w, Phillips, Holland) at a distance of 5 cm. The solutions were stirred during this time with a magnetic stirrer. The virgin and UV irradiated coating solutions for 30, 60, and 90 min, hereafter call, SO 0, SO 30, SO 60 and SO 90, respectively. The coating solutions were applied on fresh, unwashed, feces-free, white-shell chicken eggs (with weight range of 60 to 65 g) were obtained from poultry farm of University of Zanjan. Then the coated chicken eggs were dried by cabinet dryer at 37 °C for 20 min. After that uncoated and coated chicken eggs were incubated at 25 °C for 7 weeks. Percentage of weight loss, pH, Haugh index, Yolk index and overall egg quality were investigated during storage time.

Results and discussion: Weight loss of eggs during storage is mainly caused by evaporation of water from the albumen through the porous shells. The weight loss increased during 7 weeks of storage. The greatest water loss (11.83%) was observed in control group (uncoated eggs). Coating the eggshell led to minimum weight loss. Starch-oleic acid solution limit the moisture exchange into eggshell. This phenomenon was intensified by UV-C irradiation for 90 min. According to our results, Haugh index (HU) and Yolk index (YI) decreased in all treatments yet the reduction was highest in the control group. Starch-oleic acid, and modified starch-oleic acid for 90 min by UV-C showed the highest HU and YI. This is influenced by CO₂ and moisture exchange into eggshell. The pH of albumen is an important factor in the quality of chicken egg. Moisture and carbon dioxide of the white evaporate through the pores and replaced by air. Decreasing the CO₂ content would lead to higher pH. The properties of the albumen were affected by this phenomenon. The pH of albumen was increased in control, while remained almost constant in the coated eggs. The albumen of the coated eggs by starch-oleic acid and modified starch-oleic acid for 90 min by UV-C had the least pH.

Conclusion: According to our results, starch-oleic acid and modified starch-oleic acid for 90 min by UV-C could be the best eggshell coating material for extending the shelf life of chicken eggs. The shelf life of coated eggs was double the uncoated ones. It seems, the combination of coating by starch-oleic acid and curing by UV-C can be applied as a new approach to simultaneous sanitation and extending the shelf life of the chicken egg. However, UV-C irradiation for 90 min was optimum condition to modifying the eggshell coating. But the long process of this method limit its industrial application. Therefore, accelerating the modification process is highly necessary to extend this process in egg packaging.

Keywords: Chicken Egg, Coating, Starch, Oleic acid, Ultraviolet ray