Food Hygiene, Vol. 12, No. 47, Autumn 2022

"Research article" DOI: 10.30495/JFH.2023.1973949.1384

Effects of black seed oil and rosemary extract coating on egg shelf life at refrigerator temperature

Black seed oil and rosemary extract coating of egg

Khodadadi Baighout, A.[1], Javadi, A.[2*], Azadard-Damirchi, S.[3], Mirzaei, H.[4], Anzabi, Y.[5]

1-Ph.D student in food hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Tabriz Medical Sciences, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2- Professor, Faculty of Veterinary Medicine, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3- Professor. Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4- Associate Professor, Faculty of Veterinary Medicine, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
5- Assistant Professor, Department of Pathobilogy, Faculty of Veterinary, Tabriz Medical Science, Islamic Azad University, Tabriz,Iran
*Corresponding author: Javadi@iaut.ac.ir
(Received: 2022/12/27 Accepted: 2023/03/03)

Abstract

Eggs are highly perishable due to high moisture content and nutrients. This study aimed to investigate the effect of coating with black seed oil and rosemary extract on egg physical, chemical, functional and microbial characteristics. For this purpose, 300 eggs consisted of control group, eggs coated with black seed oil, and samples coated with black seed oil and 1, 2, and 3% rosemary extract were prepared. Throughout the six weeks of storage at 4 °C, thickness, weight loss, Haugh unit, yolk index, pH, amount of egg white foam production and microbial features were investigated. The weight loss in the control group was 6.64 and 4.80 g in the control group and the treatment with 3% rosemary extract, respectively. In the control group, Haugh unit was decreased from about 75 on the first day to 31.38 after six weeks storage. Haugh unit in the egg group coated with 3% rosemary extract was 41.76. The microbial load of shell after six weeks of storage in the control sample was 4.59 log CFU/g, and in the samples coated with black seed oil alone and in the presence of 1%, 2% and 3% rosemary extract were 4.32 and 3.99, 3.27, 2.30 log CFU/g, respectively. Due to the bactericidal effect of coating components, egg-shell microbial load was decreased. The coating was able to increase the shelf life up to six weeks.

Conflict of interest: None declared.
Keywords: Egg, Coating, Black seed oil, Rosemary extract

«مقاله پژوهشی»
DOI: 10.30495/JFH.2023.1973949.1384

اثر پوشش‌دهی با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری بر ماندگاری تخم‌مرغ در دمای یخچال

پوشش‌دهی تخم‌مرغ با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری

علی خدادادی‌بایقوت[۱]، افشین جوادی[۲*]، صدیف آزادمرددمیرچی[۳]، حمید میرزایی [۴]، یونس انزابی[۵]

۱- دانش‌آموخته دکترای بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- استاد گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۳-استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
۴- دانشیارگروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۵- استادیارگروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: Javadi@iaut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۶ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۲/۱۲)

چکیده

تخم‌مرغ به‌دلیل داشتن رطوبت و مواد مغذی زیاد، فسادپذیری بالایی دارد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر پوشش‌دهی با روغن سیاهدانه به‌تنهایی و در حضور عصاره رزماری بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، عملکردی و میکروبی تخم‌مرغ انجام گرفت. برای این منظور ۳۰۰ تخم‌مرغ در گروه‌های نمونه شاهد، نمونه پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه، و نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه حاوی ۱، ۲ و ۳ درصد عصاره رزماری تهیه شدند. ویژگی‌های تخم‌مرغ شامل ضخامت، کاهش وزن، واحد هاو، pH، میزان تولید کف سفیده در ۷ زمان و ویژگی‌های میکروبی به‌مدت ۶ هفته نگهداری در یخچال مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان کاهش وزن در نمونه کنترل ۶/۶۴ گرم بود ولی این میزان در گروه تیمار با سه درصد عصاره ۴/۸۰ گرم برآورد شد. میزان واحد هاو نیز از حدود ۷۵ در روز اول در نمونه کنترل به ۳۱/۳۸ پس از شش هفته رسید. اما در نمونه پوشش داده شده با سه درصد عصاره، ۴۱/۷۶ بود. میزان آلودگی پوسته بعد از ۶ هفته در نمونه کنترل log CFU/g ۴/۵۹ رسید. در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه به‌تنهایی و در حضور عصاره رزماری با درصدهای ۱، ۲ و ۳ میزان آلودگی به‌ترتیب ۴/۳۲، ۳/۹۹، ۳/۲۷ log CFU/g ۳۰ /۲ تخمین زده شد. به‌دلیل خاصیت میکروب‌کشی ترکیبات پوشش، بار میکروبی پوسته کاهش یافت. پوشش‌دهی استفاده شده به‌خوبی توانست ماندگاری تخم‌مرغ را تا شش هفته افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تخم‌مرغ، پوشش‌دهی، روغن سیاهدانه، عصاره رزماری

مقدمه

تخم‌مرغ منبع غنی از پروتئین، ویتامین‌ها و املاح ضروری برای بدن انسان است. بنابراین کنترل کیفی و حفظ تازگی این ماده مغذی، بسیار حائز اهمیت است (Mohammadi *et al.*, 2012). تخم‌مرغ‌ها به‌دلیل محتوای رطوبتی و مواد تغذیه‌ای بالا، بسیار فسادپذیر هستند. هم‌چنین بلافاصله بعد از تخم‌گذاری، مجموعه‌ای از واکنش‌های مختلف از جمله تبخیر آب، کاهش وزن، افزایش pH آلبومین، آبکی شدن آلبومین و آلودگی میکروبی اتفاق می‌افتد که نهایتاً موجب تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عملکردی تخم‌مرغ می‌شود. علت عمده این تغییرات، افزایش تبادل گازها عمدتاً دی‌اکسید کربن و رطوبت و ورود هوا از طریق منافذ روی پوسته می‌باشد که به‌سرعت باعث افت کیفیت تخم‌مرغ می‌گردد (Ryu *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2012).

گیاه سیاه‌دانه با نام علمی *Nigella sativa Linnaeus* از خانواده آلاله *Ranunculaceae* است. جنس *Nigella* در ایران تقریباً از هشت گونه تشکیل شده است و گونه *Nigella sativa* کشت می‌شود (Gorej, 2003; Darakhshan *et al.*, 2015). سیاه‌دانه حاوی بیش از ۱۰۰ ترکیب شیمیایی است (Ramadan, 2007). این دانه روغنی به‌طور متوسط شامل ۴۱/۶– ۳۵/۶ درصد چربی (روغن ثابت)، ۲۲/۷ درصد پروتئین، ۳۲ درصد کربوهیدرات و ۰/۵ تا ۱/۶ درصد روغن فرار (اسانس) زرد رنگ است (Golparvar *et al.*, 2014). سیاه‌دانه هم‌چنین دارای ترکیبات فعال بیولوژیکی بسیاری است و شامل فعالیت‌های ضدالتهابی، تقویت‌کننده سیستم ایمنی بدن، ضدسرطان، ضددرد، ضدهیستامین، ضدمیکروبی، کاهنده قند، چربی و فشار خون بالا، دفع کننده صفرا و اسید اوریک، اشتهاآور، محافظ بافت‌های کبد، کلیه، قلب و عروق می‌باشد (Bari, 2020). حاصل استخراج از دانه‌های گیاه سیاه‌دانه، عصاره روغنی سبز رنگی با بوی معطر قوی است.

رزماری (رومارین) یا Rosemary (Romarin) با نام علمی *Rosmarinus officinalis* که در فارسی اکلیل کوهی نیز گفته می‌شود از گیاهان چند ساله چوبی (خشبی) معطر با خواص دارویی است. مهم‌ترین ترکیبات اسانس رزماری سینئول، کامفور، بورنیل استات و اسید رزماریک است. سایر ترکیبات طبیعی موجود در برگ و سرشاخه‌های گلدار رزماری شامل فلاونوئیدها هم‌چون جنکوانین و لوتئولین، اسیدهای فنلی مانند اسید رزمارینیک، دی ترپنها، تری ترپنها، تاننها، مواد تلخ، رزین و ساپونین است (Jiang *et al.*, 2011; Gao *et al.*, 2014). روغن رزماری برای ساختن داروهایی مانند ضدالتهاب، ضدعفونی کننده، ضداسپاسم و ضددیابت استفاده می‌شود (Hassan et al., 2013). در یک مطالعه تأثیر پوشش‌دهی امولسیون کیتوزان–روغن سویا بر ویژگی‌های کیفی و فیزیکو شیمیایی تخم‌مرغ در طول مدت نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی به طور معناداری ماندگاری تخم‌مرغ را در مقایسه با انواع بدون پوشش در دمای اتاق و یخچال افزایش داد (Wardy *et al.*, 2011). بررسی خاصیت ضدمیکروبی عصاره رزماری نیز نشان می‌دهد که حداقل غلظت بازدارنده (MIC) عصاره اتانولی رزماری برای باکتری های مختلف متفاوت بوده و از ۰/۰۶ درصد برای *باسیلوس سرئوس* شروع شده و به ۰/۱ درصد برای *لوکونوستوک مزانتروئیدس* می‌رسد (Amiot and

Campo, 2000). هدف از این مطالعه، بررسی اثر روغن سیاه‌دانه و عصاره رزماری بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، عملکردی و میکروبی تخم‌مرغ و مدت زمان ماندگاری آن در یخچال می‌باشد. مواد اولیه این مطالعه بومی و ارزان قیمت هستند.

مواد و روش‌ها

- مواد

در این مطالعه، ۳۰۰ تخم‌مرغ از یک مرغداری در ملکان در روز تخم‌گذاری جمع‌آوری گردید. تخم‌مرغ‌ها از نظر شکستگی و ترک مورد بررسی قرار گرفت و تخم‌مرغ‌های سالم، یک‌شکل و فاقد آلودگی مدفوع مرغ انتخاب گردید.

جهت تهیه روغن سیاه‌دانه، دانه‌های سیاه‌دانه از بازار محلی تهیه و پس از تمیز کردن، توسط دستگاه پرس سرد (Ilmaz, Turkey)، تحت پرس قرار گرفت. جهت حصول اطمینان از کیفیت روغن تهیه شده، قسمت‌های اول روغن حاصل از پرس دانه‌ها دور ریخته شد. روغن حاصل بلافاصله به بطری‌های قهوه‌ای رنگ منتقل و برای جلوگیری از تغییرات نامطلوب تا زمان آزمون در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری گردید (Afkhami Sarai *et al.*, 2020). به‌منظور تهیه عصاره رزماری، از کِلونجر (Heidolph, Germany) استفاده گردید. به این منظور ۱۰۰ گرم از گیاه خشک و خرد شده را در بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد و ۶۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی آن اضافه گردید. عمل استخراج عصاره در مدت زمان ۳ ساعت انجام پذیرفت. برای جلوگیری از تجزیه عصاره توسط نور و حرارت، از ظروف شیشه‌ای تیره رنگ استریل استفاده شد که پس از دربندی کامل تا زمان آزمون در دمای یخچال نگهداری گردید.

- آماده‌سازی نمونه‌ها

برای مطالعه تخم‌مرغ‌ها به پنج گروه تقسیم شدند. گروه اول: نمونه‌های شاهد بدون پوشش؛ گروه دوم: نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه؛ گروه سوم: نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه حاوی صمغ عربی و عصاره رزماری ۱ درصد؛ گروه چهارم: نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه حاوی صمغ عربی و عصاره رزماری ۲ درصد و گروه پنجم نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه حاوی صمغ عربی و عصاره رزماری ۳ درصد. تمامی نمونه‌ها در دمای یخچال به‌مدت ۶ هفته نگهداری شد و در فواصل زمانی یک هفته، آنالیزهای مربوطه روی آن‌ها انجام گرفت.

در تهیه پوشش‌های گروه سوم، چهارم و پنجم، به‌منظور ایجاد حالت چسبندگی بیشتر پوشش روغنی با سطح پوسته تخم‌مرغ از محلول ۲۰ درصد صمغ عربی استفاده گردید. به این منظور ابتدا محلول ۲۰ درصد از صمغ عربی با حل کردن ۲۰ گرم صمغ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه شد. سپس محلول حاصل به نسبت ۲۰ به ۸۰ با روغن سیاهدانه در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با همزن (Moulinex, France) به‌مدت ۴ دقیقه مخلوط گردید (Omer *et al.*, 2015). روغن تهیه شده با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد عصاره رزماری ترکیب و سپس برای پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای پوشش‌دهی، ابتدا تخم‌مرغ‌های تازه در محلول‌های آماده شده به‌مدت ۶۰ ثانیه غوطه‌ور شد و پس از خارج شدن از محلول، به‌مدت یک شبانه روز در

دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) خشک شدند (Kim *et al.*, 2009).

برای تهیه سوسپانسیون میکروبی، باکتری *اشریشیا کولای* (ATCC 25922) در محیط کشت نوترینت براث (Mirmedia, Iran) کشت داده شد و تخم‌مرغ‌ها پس از پوشش‌دهی به‌صورت دستی با استفاده از پنبه استریل آغشته به سوسپانسون حاوی 10^4 CFU/ml در دو مرحله به‌طور کامل آلوده شد و پس از هر مرحله به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط خشک شدند (Khedmati Morasa *et al.*, 2018).

- آزمون‌های فیزیکی تخم‌مرغ

اندازه‌گیری ضخامت پوسته: ضخامت پوسته تخم‌مرغ‌های مورد آزمایش، پس از تخلیه محتویات و جداکردن غشای بیرونی، با استفاده از یک میکرومتر (QRL, China) در پنج بخش مختلف پوسته اندازه‌گیری گردید و به‌صورت میانگین گزارش گردید (Suresh *et al.*, 2015).

میزان کاهش وزن: تمامی تخم‌مرغ‌ها قبل از پوشش‌دهی در گروه‌های مورد مطالعه، در روز اول توسط ترازوی دیجیتالی (A&D, Japan) توزین شدند. وزن نمونه‌های پوشش‌دهی شده نیز پس از خشک شدن کامل پوشش، مجدداً اندازه‌گیری شد. سپس در فواصل زمانی مشخص شده، تخم‌مرغ‌های مورد آزمایش قبل از اندازه‌گیری سایر فاکتورها ابتدا توزین و طبق معادله ذیل درصد کاهش وزن محاسبه گردید (Suresh *et al.*, 2015).

۱۰۰× وزن اولیه/ اختلاف وزن اولیه و ثانویه = درصد کاهش وزن

- تعیین واحد هاو (Haugh Unit) و درجه تخم‌مرغ

برای تعیین اندیس هاو، ارتفاع قسمت ضخیم آلبومین توسط کولیس دیجیتالی(Guanglu, China) اندازه‌گیری و عدد حاصل برای تعیین میزان اندیس هاو در معادله ذیل قرار داده شد که در آن W وزن تخم‌مرغ (گرم) و H ارتفاع آلبومین (میلی‌متر) می‌باشد (Ezazi *et al.*, 2021). برای تعیین درجه تخم‌مرغ‌ها نیز از میزان واحد هاو به‌دست آمده، استفاده گردید (No *et al.*, 2005). اندیس‌هاو =100 log (H-1.7$W^{0.37}$+7.6)

- آزمون‌های شیمیایی تخم‌مرغ

تعیین pH آلبومین و زرده: برای تعیین pH سفیده و زرده تخم‌مرغ پس از جدا کردن کامل زرده از سفیده، سفیده و زرده به‌صورت جداگانه داخل بشر همگن شد. پس از کالیبره کردن pH متر با بافرهای ۴ و ۷، pH سفیده و زرده با pH متر دیجیتال (Behineh, Iran) تعیین شد (Shittu and Ogunjinmi, 2011).

اندازه‌گیری میزان و پایداری کف سفیده: مقدار ۱۵۰ گرم آلبومین هر گروه را توزین کرده و با همزن برقی با دور متوسط به‌مدت ۲ دقیقه و با دور تند به‌مدت ۳ دقیقه تا سفید و سفت شدن و کف کردن کامل همزده شد. به‌منظور تعیین میزان کف (ظرفیت کف‌کنندگی) از تقسیم حجم کف حاصل اندازه‌گیری شده توسط بشر مدرج بر حسب میلی‌لیتر به وزن آلبومین اولیه قبل از هم‌زدن بر حسب گرم استفاده شد (Silversides and Budgell, 2004; Biladeau and Keener, 2009; Ezazi *et al*, 2021). برای اندازه‌گیری پایداری (آب‌اندازی) کف حاصل، ۵۰ گرم از کف حاصل جدا و در داخل قیف شیشه‌ای که روی مزور مدرج قرار گرفته بود، ریخته شد. پس از یک ساعت میزان مایع جمع‌شده در داخل ارلن‌مایر اندازه‌گیری شد و با محاسبه درصد

اختلاف وزن اولیه کف و وزن مایع جداشده میزان پایداری گزارش گردید (Kuropatwa *et al*, 2009).

- آزمون‌های میکروبی تخم‌مرغ

برای آزمون میکروبی پوسته، تخم‌مرغ‌ها درون یک کیسه پلاستیکی زیپ‌دار حاوی ۵۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی، به‌مدت یک دقیقه با دست ماساژ داده شدند. مایع به‌دست آمده به‌عنوان رقت 10^{-1}در نظر گرفته شد و از آن رقت‌های سریالی برای شمارش میکروارگانیسم‌ها تهیه شدند (AOAC, 2000; Suresh *et al*., 2015; Suwannarach *et al*., 2017). از مایع حاصل از شستشوی تخم‌مرغ‌ها، رقت‌های متوالی تهیه شد و ۰/۱ میلی‌لیتر در ویولت‌رد بایل آگار (Mirmedia, Iran) کشت سطحی داده شد. پلیت‌ها در ۳۷ درجه سلسیوس و ۲۴ ساعت در شرایط هوازی گرمخانه‌گذاری شدند. کلونی‌های ارغوانی تا بنفش انتخاب شد و به ائوزین متیلن‌بلو آگار (Merk, Germany) انتقال یافت. پس از ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری، کلونی‌های آبی تیره با جلای سبز متالیک به‌عنوان *اشریشیا کولای* شمارش گردیدند (Suwannarach *et al*., 2017). آزمون‌های میکروبی در هفته‌های صفر، سه و شش انجام گرفت.

برای ارزیابی میکروبی محتویات تخم‌مرغ، ابتدا سطح پوسته با الکل ۷۰ درصد (Kimia Alcohol, Iran) ضدعفونی شد. سپس در شرایط استریل با شکستن پوسته، محتویات به‌داخل بشر استریل تخلیه گردید. محتویات همگن شد و یک میلی‌لیتر از آن با ۹۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل مخلوط گردید. شمارش میکروبی به‌روش بیشترین میزان محتمل (MPN) و بر اساس استاندارد ملی شماره ۲۹۴۶ ایران (۱۳۸۴) برای *اشریشیا کولای* انجام گرفت (Suresh *et al*., 2015).

- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با نرم‌افزار Minitab 16 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) بر اساس آزمون توکی در نرم‌افزار Minitab 16 در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت ($p<0/05$). همه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت.

یافته‌ها

- اندازه‌گیری ضخامت پوسته

نتایج به‌دست آمده در جدول (۱) نشان می‌دهد که پوشش‌دهی باعث افزایش ضخامت پوسته تخم‌مرغ می‌شود. اما اثر متقابل تیمار با زمان معنی‌دار نبود.

جدول (۱). تغییرات ضخامت (میلی‌متر) پوسته تخم‌مرغ در طول ۶ هفته*

زمان (هفته)	گروه شاهد	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
۰	۰/۰۴۷±۰/۰۰۱^{Ba}	۰/۰۵۷±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۸±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۶±۰/۰۰۳^{Aa}	۰/۰۵۷±۰/۰۰۵^{Aa}
۱	۰/۰۴۶±۰/۰۰۲^{Ca}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Ba}	۰/۰۵۳±۰/۰۰۱^{ABa}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۳^{ABa}	۰/۰۵۹±۰/۰۰۲^{Aa}
۲	۰/۰۴۵±۰/۰۰۳^{Ba}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۳^{Aa}	۰/۰۵۸±۰/۰۰۳^{Aa}
۳	۰/۰۴۷±۰/۰۰۱^{Ba}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۸±۰/۰۰۱^{Aa}
۴	۰/۰۴۷±۰/۰۰۱^{Ba}	۰/۰۵۶±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۳^{Aa}	۰/۰۵۷±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۶۰±۰/۰۰۲^{Aa}
۵	۰/۰۴۵±۰/۰۰۳^{Ba}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۳±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۷±۰/۰۰۲^{Aa}
۶	۰/۰۴۶±۰/۰۰۱^{Ba}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۴±۰/۰۰۱^{Aa}	۰/۰۵۳±۰/۰۰۲^{Aa}	۰/۰۵۶±۰/۰۰۲^{Aa}

گروه ۱: پوشش با روغن سیاهدانه ، گروه ۲: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد، گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد و گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد؛ $^{a, b, c}$ حروف کوچک غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین زمان‌ها در هر دما؛ $^{A, B, C}$ حروف بزرگ غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است. * نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است.

- میزان کاهش وزن

بر اساس نتایج جدول (۲)، پوشش‌دهی سبب کاهش میزان افت وزنی در طول مدت زمان نگهداری شده است ($p<۰/۰۵$). با این حال بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول (۲). میزان کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها در طول ۶ هفته نگهداری

زمان (هفته)	گروه شاهد	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
۰	۰/۰۰±۰/۰۰^{Ag}	۰/۰۰±۰/۰۰^{Ag}	۰/۰۰±۰/۰۰^{Ag}	۰/۰۰±۰/۰۰^{Ag}	۰/۰۰±۰/۰۰^{Ag}
۱	۱/۶۰±۰/۰۳^{Af}	۰/۲۷±۰/۰۵^{Bf}	۰/۲۷±۰/۰۲^{Bf}	۰/۳۱±۰/۰۲^{Bf}	۰/۲۷±۰/۰۲^{Bf}
۲	۲/۸۷±۰/۰۸^{Ae}	۱/۴۱±۰/۱۲^{Be}	۱/۴۲±۰/۱۱^{Be}	۱/۴۱±۰/۲۰^{Be}	۱/۳۷±۰/۱۸^{Be}
۳	۴/۵۷±۰/۰۹^{Ad}	۲/۹۹±۰/۲۴^{Bd}	۲/۹۸±۰/۲۲^{Bd}	۲/۰۶±۰/۲۳^{ABd}	۲/۰۴±۰/۲۳^{ABd}
۴	۵/۲۷±۰/۰۵^{Ac}	۳/۸۳±۰/۱۹^{Bc}	۳/۸۳±۰/۱۸^{Bc}	۳/۸۳±۰/۱۷^{Bc}	۳/۸۰±۰/۲۷^{Bc}
۵	۵/۸۴±۰/۱۰^{Ab}	۴/۲۰±۰/۰۷^{Bb}	۴/۲۰±۰/۰۶^{Bb}	۴/۳۶±۰/۰۷^{Bb}	۴/۲۷±۰/۱۰^{Bb}
۶	۶/۶۴±۰/۱۰^{Aa}	۴/۸۳±۰/۰۲^{Ba}	۴/۷۳±۰/۰۲^{Ba}	۴/۹۰±۰/۱۲^{Ba}	۴/۸۰±۰/۰۵^{Ba}

گروه ۱: پوشش با روغن سیاهدانه ، گروه ۲: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد، گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد و گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد؛ $^{a, b, c}$ حروف کوچک غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین زمان‌ها در هر دما؛ $^{A, B, C}$ حروف بزرگ غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است. * نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است.

- تعیین واحد هاو و درجه تخم‌مرغ

با توجه به نتایج (جدول ۳) میزان واحد هاو در تمامی گروه‌ها با گذر زمان کاهش پیدا کرده است ولی این کاهش در گروه‌های پوشش داده شده با سرعت کم‌تری اتفاق افتاده است. اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). تخم‌مرغ‌ها در گروه‌های پوشش داده شده تا ۴ هفته در حد درجه A

حفظ گردیدند. این در حالی است که تخم‌مرغ‌ها در گروه کنترل تا هفته دوم درجه A داشتند.

جدول (۳). میزان واحد هاو تخم‌مرغ‌ها در طول ۶ هفته نگهداری

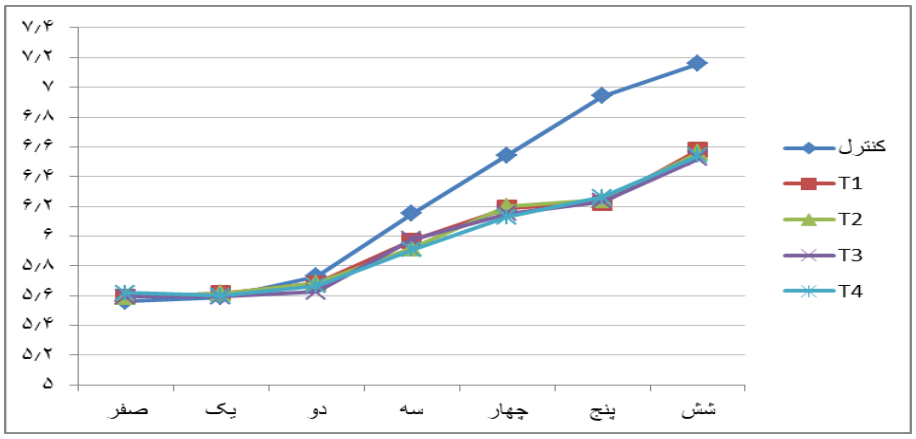
زمان (هفته)	گروه شاهد	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
۰	۷۵/۹۶±۰/۴۱^{Aa}	۷۶/۲۹±۰/۳۰^{Aa}	۷۶/۲۹±۰/۳۰^{Aa}	۷۶/۱۹±۰/۲۱^{Aa}	۷۵/۷۴±۰/۷۶^{Aa}
۱	۷۳/۶۰±۰/۰۳^{Bab}	۷۵/۰۲±۰/۳۰^{Aa}	۷۵/۱۲±۰/۲۸^{Aa}	۷۵/۰۲±۰/۰۱^{Aab}	۷۵/۰۱±۰/۰۱^{Aab}
۲	۶۵/۳۸±۳/۸۹^{Bbc}	۷۱/۱۷±۰/۲۰^{Aab}	۷۱/۱۹±۰/۱۴^{Aab}	۷۱/۷۴±۱/۰۶^{Ab}	۷۰/۴۳±۰/۹۸^{Ab}
۳	۵۸/۷۱±۳/۰۸^{Bcd}	۶۸/۵۱±۲/۴۷^{Abc}	۶۸/۵۸±۲/۲۱^{Abc}	۶۶/۴۱±۲/۰۱^{Ac}	۶۵/۰۹±۳/۷۶^{ABc}
۴	۵۲/۷۱±۲/۱۷^{Bd}	۶۳/۵۱±۱/۳۹^{Ac}	۶۳/۶۱±۱/۱۲^{Ac}	۶۲/۰۸±۱/۲۵^{Ad}	۶۰/۰۹±۰/۷۵^{Ac}
۵	۳۶/۳۸±۴/۱۱^{Be}	۵۱/۸۴±۳/۶۲^{Ad}	۵۱/۹۲±۱/۶۲^{Ad}	۴۸/۴۱±۲/۰۸^{Ae}	۴۵/۷۶±۱/۸۸^{Ad}
۶	۳۱/۳۸±۴/۱۱^{Be}	۴۷/۵۱±۲/۲۸^{Ad}	۴۸/۶۳±۲/۰۸^{Ad}	۴۵/۴۱±۱/۰۰^{Ae}	۴۱/۷۶±۱/۸۸^{Ae}

گروه ۱: پوشش با روغن سیاهدانه ، گروه ۲: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد، گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد و گروه ۴: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد؛ $^{a, b, c}$ حروف کوچک غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین زمان‌ها در هر دما؛ $^{A, B, C}$ حروف بزرگ غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است. * نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است.

- تعیین pH آلبومین و زرده

بررسی نتایج مربوط به pH سفیده نمونه‌ها (نمودار ۱-الف) نشان دهنده تأثیر معنی‌دار پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها، زمان نگهداری بر pH آلبومین تخم‌مرغ بوده است. پوشش‌دهی سبب افزایش کمتر میزان pH سفیده در طول زمان، افزایش مدت زمان نگهداری سبب افزایش pH آلبومین و هم‌چنین کاهش دمای نگهداری باعث به تعویق افتادن افزایش pH سفیده تخم‌مرغ‌ها در طول زمان شده است ($p<۰/۰۵$). داده‌های نمودار (۱-ب) نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها، زمان نگهداری بر pH زرده تخم‌مرغ است. در طول دوره نگهداری pH زرده تخم‌مرغ افزایش یافته است که افزایش در گروه تیمار کمتر از گروه کنترل است.

(الف)



نمودار (۱)-(الف) تغییرات pH سفیده؛ (ب) تغییرات pH زرده تخم‌مرغ دروه های مختلف در طول دوره نگهداری؛ T1: پوشش با روغن سیاهدانه؛T2: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد؛ T3: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد؛ T4: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد

- اندازه‌گیری میزان تولید کف سفیده

در طول دوره نگهداری میزان کف تولید شده کاهش یافته است. میزان تولید کف در نمونه‌های کنترل در طول مدت نگهداری کمتر از نمونه‌های پوشش داده شده است. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها و زمان نگهداری بر میزان تولید کف سفیده تخم‌مرغ ها است.

جدول ۴. میزان تولید کف سفیده در طول دوره نگهداری (میلی‌لیتر بر گرم)

زمان (هفته)	گروه شاهد	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
۰	۸/۳۷±۰/۰۵^{Aa}	۸/۳۷±۰/۱۲^{Aa}	۸/۲۷±۰/۰۵^{Aa}	۸/۳۰±۰/۰۷^{Aa}	۸/۳۲±۰/۱۰^{Aab}
۱	۸/۲۷±۰/۰۷^{Aa}	۸/۳۳±۰/۰۶^{Aa}	۸/۳۳±۰/۰۹^{Aa}	۸/۳۰±۰/۰۸^{Aa}	۸/۳۴±۰/۰۷^{Aa}
۲	۷/۸۸±۰/۰۳^{Bb}	۸/۱۵±۰/۱۴^{Aa}	۸/۱۹±۰/۱۴^{Ba}	۸/۱۶±۰/۱۴^{Ba}	۸/۱۷±۰/۰۷^{Bb}
۳	۷/۶۳±۰/۱۲^{Bb}	۷/۲۴±۰/۱۵^{Cc}	۷/۲۰±۰/۰۳^{Cc}	۷/۷۳±۰/۰۸^{Ab}	۷/۷۲±۰/۱۸^{Ac}
۴	۶/۲۰±۰/۱۳^{Bc}	۷/۴۴±۰/۰۸^{Abc}	۷/۴۲±۰/۱۵^{Ab}	۷/۴۸±۰/۰۸^{Ac}	۷/۲۸±۰/۱۳^{Ad}
۵	۶/۰۲±۰/۰۶^{Ccd}	۷/۴۷±۰/۱۷^{Abc}	۷/۴۹±۰/۱۵^{Ab}	۶/۷۵±۰/۰۷^{Bd}	۶/۷۱±۰/۰۴^{Bbe}
۶	۵/۹۷±۰/۱۱^{Cd}	۷/۲۸±۰/۱۴^{Ac}	۷/۴۲±۰/۰۷^{Ab}	۶/۷۲±۰/۲۲^{Bd}	۶/۵۳±۰/۰۳^{Be}

گروه ۱: پوشش با روغن سیاهدانه ، گروه ۲: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد، گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد و گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد؛ $^{a, b, c}$ حروف کوچک غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین زمان‌ها در هر دما؛ $^{A, B, C}$ حروف بزرگ غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است. * نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است.

- آزمون‌های میکروبی

نتایج بررسی شمارش *اشریشیا کولای* (جدول ۵) نشان‌دهنده تأثیر پوشش‌دهی و زمان نگهداری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). با توجه به نتایج، پوشش‌دهی سبب کاهش تعداد باکتری‌های شمارش شده گردید که این حالت در غلظت بالای عصاره بیشتر بود. هم‌چنین در طول زمان نگهداری تعداد در نمونه کنترل به صورت ثابت یا افزایشی بوده است ولی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده این روند به‌صورت کاهشی تغییر یافت. نتایج مربوط به بررسی محتویات داخلی تخم‌مرغ نیز نشان داد که پوشش‌دهی از نفوذ باکتری به داخل تخم‌مرغ جلوگیری کرده است (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج شمارش *اشریشیا کولای* (Log CFU/g) در طول دوره نگهداری

	زمان (هفته)	گروه شاهد	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
پوسته تخم‌مرغ	۰	۴/۵۶±۰/۰۸^{Ab}	۴/۵۱±۰/۱۴^{Aa}	۴/۴۷±۰/۰۸^{Aa}	۴/۵۳±۰/۱۳^{Aa}	۴/۴۷±۰/۲۱^{Aa}
	۳	۴/۶۲±۰/۰۳^{Aa}	۴/۲۷±۰/۰۸^{Bb}	۴/۰۸±۰/۱۴^{Cb}	۳/۴۰±۰/۱۳^{Cb}	۲/۴۱±۰/۱۵^{Db}
	۶	۴/۵۹±۰/۱۵^{Aa}	۴/۳۲±۰/۲۲^{Bab}	۳/۹۹±۰/۰۸^{Cb}	۳/۲۷±۰/۰۲^{Db}	۲/۳۰±۰/۰۴^{Db}
محتویات تخم‌مرغ	۰	ND†	ND	ND	ND	ND
	۳	ND	ND	ND	ND	ND
	۶	۰/۴۸±۰/۰۱ Aa	ND	ND	ND	ND

گروه ۱: پوشش با روغن سیاهدانه ، گروه ۲: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری یک درصد، گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری دو درصد و گروه ۳: پوشش با روغن سیاهدانه و عصاره رزماری سه درصد؛ $^{a, b, c}$ حروف کوچک غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین زمان‌ها در هر دما؛ $^{A, B, C}$ حروف بزرگ غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است. * نتایج به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده است. † ND: Not Detected (عدم شناسایی)

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، پوشش‌دهی با روغن سیاهدانه، صرف‌نظر از افزودن عصاره رزماری، سبب افزایش میزان ضخامت پوسته تخم‌مرغ شده است. میانگین ضخامت اندازه‌گیری شده برای نمونه کنترل ۴۶ میکرومتر بود که این مقدار پس از پوشش‌دهی با افزایش ۱۰ میکرومتری به حدود ۵۶ میکرومتر رسید. ضخامت پوسته تأثیر به‌سزایی در جلوگیری از کاهش رطوبت در طول مدت نگهداری دارد. هرچه ضخامت پوسته بیشتر باشد و منافذ کمتری داشته باشد، خروج رطوبت و کربن دی اکسید کمتر اتفاق می‌افتد و از نفوذ میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. در نتیجه کیفیت تخم‌مرغ بهتر حفظ می‌شود. بدیهی است که روغن سیاهدانه، پس از پوشش‌دهی با ایجاد لایه‌ای تقریباً یکنواخت روی پوسته تخم‌مرغ سبب افزایش ضخامت پوسته و در نتیجه افزایش میزان مقاومت آن می‌شود. در مطالعات دیگری که از ایزوله پروتئین سویا، کیتوزان و ترکیب کیتوزان و بره‌موم برای پوشش‌دهی تخم‌مرغ استفاده گردیده است، افزایش ضخامت پوسته با پوشش‌دهی گزارش شده است (Xie *et al*., 2002; Suresh *et al*., 2015, Ezazi *et al*., 2021).

نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت پوشش‌دهی، صرف‌نظر از میزان عصاره رزماری، بر کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها در طول مدت نگهداری است. به این صورت که، با پوشش‌دهی از خروج آب از منافذ پوسته جلوگیری به‌عمل آمده و وزن تخم‌مرغ در نمونه‌های پوشش داده شده حفظ شده است. نتایج این مطالعه با یافته‌های مطالعات دیگر محققان نیز هم‌خوانی دارد. برای مثال در مطالعه‌ای از کیتوزان و روغن سویا برای پوشش‌دهی استفاده شده بود، پوشش‌دهی به‌طور معنی‌داری از کاهش وزن تخم‌مرغ جلوگیری کرده است (Wardy *et al*., 2011). هم‌چنین پوشش‌دهی با کیتوزان و عصاره بره‌موم باعث حفظ وزن تخم‌مرغ می‌شود (Ezazi *et al*., 2021). در مطالعه‌ی دیگری روی تأثیر پوشش‌دهی تخم‌مرغ با کنسانتره پروتئین برنج و بره‌موم سبز برزیلی نشان داده شد که افت وزن نمونه‌های پوشش داده شده در طول ۶ هفته نگهداری کمتر از نمونه‌های گروه شاهد بود (Silva Pires *et al*., 2021).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد پوشش‌دهی تخم‌مرغ به‌طور معنی‌داری بر اندازه واحد هاو مؤثر است. به‌طور کلی در طول زمان نگهداری، واحد هاو تخم‌مرغ‌ها کاهش یافته است ولی در تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده نسبت به تخم‌مرغ‌های بدون پوشش به‌طور معناداری بالاتر بود. اما تفاوت معناداری بین گروه‌های پوشش داده شده مشاهده نشد. پوشش‌دهی با روغن گیاهی سیاهدانه توانسته با ممانعت از خروج رطوبت و گاز دی‌اکسید کربن، از افزایش بیش از حد pH سفیده و کاهش واحد هاو جلوگیری کند. بر اساس درجه‌بندی و مطابق با نتایج واحد هاو، افزایش زمان نگهداری سبب کاهش درجه‌بندی نمونه‌ها و از طرفی پوشش‌دهی و کاهش دمای نگهداری سبب جلوگیری از افت سریع درجه‌بندی در طول زمان شده است. درجه‌بندی نمونه کنترل پس از ۳ هفته از AA به B رسید. در حالی‌که این تغییر در تمامی نمونه‌های پوشش داده شده پس از ۵ هفته دیده شد. واحد هاو اصطلاحی است که ارتباط بین وزن تخم‌مرغ و ارتفاع آلبومین را نشان داده و مقیاسی برای سنجش کیفیت سفیده است که بر این اساس تخم‌مرغ‌ها را به چهار گروه AA، A، B و C تقسیم

بندی می‌کنند. اگر مقدار واحد هاو بیشتر از ۷۲ باشد؛ AA، بین ۷۱/۹ تا ۶۰؛ B، بین ۵۹/۹ تا ۳۱؛ C و کمتر از ۳۰/۹؛ D می‌باشد (No *et al.*, 2005). یافته‌های این مطالعه با مطالعات دیگری مبنی بر عدم تأثیر نوع پوشش بر کیفیت آلبومین در طول ذخیره‌سازی در دمای ۴ و ۲۵ درجه سلسیوس هم‌خوانی دارد (Wardy *et al.*, 2011; Ezazi *et al.*, 2021).

با افزایش pH در طول دوره نگهداری، کیفیت سفیده افت می‌کند و به‌دنبال آن واحد هاو کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که تخم‌مرغ‌ها را با سلولز پوشش داده بودند، پس از ۱۴ روز، واحد هاو تخم‌مرغ‌های پوشش‌دهی شده تا ۷۲ (AA) کاهش یافت؛ درحالی‌که در گروه کنترل واحد هاو به ۶۷ (A) رسید (Suppakul *et al.*, 2010). هم‌چنین پوشش‌دهی با کنسانتره پروتئین برنج و بره‌موم سبز برزیلی واحد هاو را در سطح بالاتری نسبت به گروه کنترل نگه داشت (Silva Pires *et al.*, 2021).

pH سفیده در تخم‌مرغ تازه در محدوده ۷/۶ تا ۸/۵ است که این مقدار در نمونه‌های تخم‌مرغ تازه در محدوده ۸/۱۲ تا ۸/۱۹ بود. با گذشت زمان، pH نمونه‌ها روند صعودی نشان دادند و پس از ۶ هفته نگهداری از ۸/۱۹ تا ۹/۶ افزایش یافت. در تحقیق حاضر پوشش‌دهی سبب کاهش سرعت افزایش میزان pH سفیده گردید.pH سفیده نمونه کنترل پس از ۴۲ روز نگهداری در دمای یخچال به ۹/۰۱ رسید و این مقدار برای نمونه‌های گروه اول تا چهارم تیمار به‌ترتیب برابر ۸/۶۹، ۸/۶۹، ۸/۸۲ و ۸/۸۴ بود. بررسی مقادیر pH زرده تخم‌مرغ‌ها نیز روند مشابهی نشان داد. یعنی با گذشت زمان، میزان pH زرده افزایش یافت ولی این میزان در نمونه‌های پوشش داده شده کمتر از نمونه‌های گروه کنترل بوده است. تخم‌مرغ بلافاصله پس از تخم‌گذاری اشباع از گاز کربن دی اکسید است که بیشتر به‌شکل بی‌کربنات وجود دارد. در طول دوره نگهداری به‌دلیل خروج گاز دی‌اکسید کربن با روش انتشار از منافذ پوسته تخم‌مرغ و تجزیه اسید کربنیک، pH سفیده تخم‌مرغ تا حدود ۹/۷ افزایش می‌یابد و در نتیجه تغییراتی در سیستم بافری بی کربنات ایجاد می‌شود (Silversides and Scott, 2001; Biladeau and Keener, 2009; Jirangrat *et al.*, 2010). با افزایش pH سفیده کیفیت سفیده افت پیدا می‌کند و آب از سفیده به زرده مهاجرت کرده و باعث افزایش pH زرده نیز می‌شود. در بررسی‌ای که از کیتوزان و عصاره بره‌موم برای پوشش‌دهی استفاده کرده بودند، گزارش شد که پوشش‌دهی با ممانعت از خروج گاز دی اکسید کربن، از افزایش بیش از اندازه pH جلوگیری کرده است (Ezazi *et al.*, 2021). هم‌چنین pH سفیده در تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با کیتوزان، در تمام طول دوره نگهداری، به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر از نمونه کنترل بوده است (Caner *et al.*, 2008).

در تحقیق حاضر، نتایج تغییرات میزان کف تولید شده از سفیده نشان داد که در طول دوره نگهداری با افزایش زمان، میزان کف تولید شده کاهش می‌یابد. میزان کف تولید شده در گروه‌های دارای پوشش، کاهش کمتری نسبت به گروه کنترل داشت. در هفته سوم نگهداری ، نمونه‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه حاوی ۲ و ۳ درصد عصاره رزماری، به‌طور معنی‌داری میزان کف بیشتری نسبت به دیگر تیمارهای پوشش‌دار نشان دادند. اما در دو هفته نهایی این مقادیر کاهش معنی‌داری نشان داد که به افزایش میزان pH

سفیده در این نمونه‌ها نسبت داده می‌شود. سفیده تخم‌مرغ ظرفیت کف‌کنندگی بسیار خوبی دارد. ظرفیت کف‌کنندگی یکی از ویژگی‌های عملکردی تخم‌مرغ است که در صنعت فرآورده‌های تخم‌مرغ بسیار حائز اهمیت است (Alleoni and Antunes, 2004). در یک مطالعه که به بررسی تأثیر پوشش‌دهی تخم‌مرغ با کیتوزان-بره‌موم پرداخته بود، نتایج مشابهی گزارش شده است (Ezazi *et al*., 2021).

بررسی تأثیر پوشش‌های بر پایه روغن سیاهدانه حاوی عصاره رزماری بر *اشریشیا کولای* نشان داد جمعیت اولیه در همه نمونه‌ها به‌طور متوسط log CFU/g ۴/۵ بود. این تعداد با گذشت زمان در نمونه کنترل افزایش یافت و پس از شش هفته به log CFU/g ۴/۵۹ رسید. این میزان در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دهی شده با روغن سیاهدانه به‌تنهایی و در حضور عصاره رزماری با درصدهای ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب به ۴/۳۲، ۳/۹۹، ۳/۲۷، ۲/۳۰ (log CFU/g) رسید. بررسی محتویات داخلی تخم‌مرغ‌ها نیز نشان‌دهنده تأثیر پوشش‌دهی و دمای پایین نگهداری در جلوگیری از نفوذ باکتری از سطح پوسته به‌داخل تخم‌مرغ است. در ارزیابی میکروبی در روز اول هیچ باکتری شناسایی نشد؛ اما پس از گذشت شش هفته، در نمونه کنترل log CFU/g ۱/۴۰ باکتری شناسایی شد در حالی‌که در تمام نمونه های پوشش داده شده، آلودگی در محتویات شناسایی نشد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر هم‌افزایی پوشش‌دهی و بسته شدن منافذ پوسته از یک‌سو، اثرات ضدباکتری عصاره رزماری از سوی دیگر و هم‌چنین تأثیر مثبت نگهداری در دمای پایین در طول نگهداری است. در مطالعه‌ای تأثیر پوشش کیتوزان بر آلودگی میکروبی پوسته تخم‌مرغ بررسی گردید و نتایج نشان داد کیتوزان دارای خواص ضدباکتری بر باکتری‌هایی با منشأ تخم‌مرغ مانند *استینتوباکتر بائومانی*، گونه‌های *آلکالیجنس*، *کارنوباکتریوم*، *سودوموناس*، *سراتیا مارسسنس* و *استافیلوکوکوس اورئوس* و هم‌چنین بر *سالمونلا انتریکا سروواریه تایفی موریوم*، *اشریشیا کولای* و *لیستریا مونوسیتوژنز* است. هم‌چنین گزارش شده است که پوشش‌دهی پوسته با ۲ درصد کیتوزان سبب جلوگیری موثر از نفوذ *سالمونلا انتریتیدیس* در طی ۱۹ روز نگهداری می‌شود. این در حالی است که مقادیر کمتر چنین تأثیری نداشتند (Leleu *et al*., 2011). در بررسی دیگری گزارش شد که استفاده از پوشش بهینه بر پایه کیتوزان-بره موم، فعالیت باکتری کشی بالایی علیه *سالمونلا انتریتیدیس دارد* و از نفوذ باکتری به‌داخل محتویات تخم‌مرغ جلوگیری می‌کند (Ezazi *et al*., 2021).

با توجه به نتایج مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که با استفاده از این پوشش به‌ویژه درصد بالای عصاره رزماری، می‌توان از افزایش pH جلوگیری و به تبع آن از افت کیفیت سفیده و واحد هاو جلوگیری کرد. هم‌چنین با پوشش‌دهی، خلل و فرج پوسته پوشیده می‌شود که باعث افزایش ضخامت پوسته می‌گردد و با پوشاندن منافذ پوسته از نفوذ میکروارگانیسم‌ها به‌داخل تخم‌مرغ و آلوده کردن محتویات جلوگیری می‌شود. به‌طور کلی با پوشش‌دهی تخم‌مرغ ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، عملکردی و میکروبی تخم‌مرغ بهبود یافته و ماندگاری آن در دمای یخچال افزایش می‌یابد.

تعارض منافع نویسندگان تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Afkhami Sarai, E., Azadmard-Damirchi, S. and Gharekhani, M. (2020). Oil extraction from black cumin seeds incorporated with rosemary leaf by cold screw press and evaluation of some of its qualitative properties. Iranian Journal of Food Science and Technology, 18: 225-232.
- Alleoni, A.C.C., and Antunes, A.J. (2004). Albumen foam stability and s-ovalbumin contents in eggs coated with whey protein concentrate. Brazilian Journal of Poultry Science, 6(2): 105-110.
- AOAC. (1990). Peroxide value of oils and fats. Method 965.33. In: Williams, S., (ed.), Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Arévalo, C.A., Castillo,B., and Londoño, M.T. (2013). Mechanical properties of rosemary (Rosmarinus officinalis L.) stalks. Agronomía Colombiana, 31(2): 201-207.
- 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.
- Bari, M.A.M.A. (2020). Nigella sativa's protective effect in acetaminophen induced liver toxicity in mice. Al-Mustansiriyah Journal for Pharmaceutical Sciences, 20(2): 11-18.
- Caner, C. (2005). The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(11): 1897-1902.
- Darakhshan, S., Tahvilian, R., Colagar, A. H., and Babolsar, I. (2015). Nigella sativa: A plant with multiple therapeutic implications. Int J Pharmacognosy, 2(5): 190-14.
- Ezazi, A., Javadi, A., Jafarizadeh-Malmiri, H. and Mirzaei, H. (2021). Development of a chitosan-propolis extract edible coating formulation based on physico-chemical attributes of hens' eggs: Optimization and characteristics edible coating of egg using chitosan and propolis. Food Bioscience, 40: 100894.
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T., Zhu, J., Fu, L., Yuan, D. and Li, J. (2014). The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (Trachinotus ovatus) fillet during chilled storage. Food Control, 37: 1-8.
- Golparvar, A.R., Hadipanah, A. and Salehi, S. (2014). Investigation of seed yield and oil quality of black cumin (Nigella sativa L.) Ecotypes cultivated in Isfahan province. Electronic Journal of Biology, 10(1): 7-13.
- Haghiroalsadat, F., Vahidi, A., Sabour, M., Azimzadeh, M., Kalantar, M. and Sharafadini, M. (2011). The indigenous Cuminum cyminum L. of yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. SSU_Journals, 19(4): 472-481.
- Hassan, F.A.S., Bazaid, S., and Ali, E.F. (2013). Effect of deficit irrigation on growth, yield and volatile oil content on Rosmarinus officinalis L. plant. Journal of Medicinal Plants Studies, 1(3): 12-21.
- Jirangrat, W., Torrico, D.D., No, J., No, H.K. and Prinyawiwatkul, W. (2010). Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. International Journal of Food Science & Technology, 45(3): 490–495.
- Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y.J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C.J., et al. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. Environmental Toxicology and Pharmacology, 32(1): 63-68.
- Khedmati Morasa, H., Mahmoudi, R., Ghajarbeygi, P., Biglari Khoshmaram, N., Abasi, N. and Mousavy, Sh. (2018). Effect of cold-water egg shell washing on Salmonella contamination in the shell and its contents. Journal of Qazvin University of Medical Sciences, 22(2): 83-89. [In Persian]

- Kim, S.H., Youn, D.K., No, H.K., Choi, S.W. 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(7): 1351-1359.
- Kuropatwa, M., Tolkach, A. and Kulozik, U. (2009). Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. Food Hydrocolloids, 23(8): 2174-2181.
- Leleu, S., Herman, L., Heyndrickx, M., De Reu, K., Michiels, C.W., De Baerdemaeker, J., et al. (2011). Effects on Salmonella shell contamination and trans-shell penetration of coating hens' eggs with chitosan. International journal of food microbiology, 145(1): 43-48.
- No, H.K., Prinyawiwatkul, W. and Meyers, S.P. (2005).Comparison of shelf life of eggs coated with chitosans prepared under various deproteinization and demineralization times. Journal of Food Science, 70: S377–382.
- Obanu, Z.A. and Mpieri, A.A. (1984). Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 35(12): 1311–1317.
- Omer, E.A., AL-Omari, A.A., Elgamidy, A.H., Elgamidy, A.A. and Elgamidy, A.M. (2015). The emulsifying stability of gum Arabic using the local sesame oil obtained from AL-BAH A area. International Journal of Engineering Research & Technology, 4(2): 1172-1175.
- Ramadan, M.F. (2007). Nutritional value, Functional properties and nutraceutical applications of black cumin (Nigella sativa L.): an overview. International Journal of Food science and Technology, 42(10): 1208-1218.
- Ryu, K.N., No, H.K. and Prinyawiwatkul, W. (2011). Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. Journal of Food Science, 76(5): 325–329.
- Suppakul, P., Jutakorn, K. and Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. Journal of Food Engineering, 98(2): 207-213.
- 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(10): 6345-6354.
- Suwannarach, N., Kaewyana, C., Yodmeeklin, A., Kumla, J., Matsui, K. and Lumyong, S. (2017). Evaluation of Muscodor cinnamomi as an egg biofumigant for the reduction of microorganisms on eggshell surfaces and its effect on egg quality. International Journal of Food Microbiology, 244: 52-61.
- Silversides, F.G. and Budgell, K. (2004). The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. Poultry Science, 83(10): 1619-1623.
- Silversides, F.G. and Scott, A.T. (2001). Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. Poultry Science, 80(8): 1240-1245.
- Shittu, T.A. and Ogunjinmi, O. (2011). Effect of low-cost shell coatings and storage conditions on the raw and cooked qualities of shell egg. CyTA-Journal of Food, 9(1): 1-7.
- Swamy, S.M.K. and Tan, B.K.H. (2000). Cytotoxic and immunopotentiating effects of ethanolic extract of Nigella sativa L. seeds. Journal of Ethnopharmacology, 70(1): 1-7.
- Wardy, W., Torrico, D.D., Jirangrat, W., No, H.K., Saalia, F.K. and Prinyawiwatkul, W. (2011). Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. LWT-Food Science and Technology, 44(10): 2349-2355.
- Xie, L., Hettiarachchy, N.S., Ju, Z.Y., Meullenet, J., Wang, H., Slavik, M.F., *et al*. (2002). Edible film coating to minimize eggshell breakage and reduce post-wash bacterial contamination measured by dye penetration in eggs. Journal of Food Science, 67(1): 280-284.