

## بررسی اثر پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی نانورس و اسانس نعناع بر ویژگی‌های انبارمانی تخم مرغ

بهزاد ناصحی<sup>۱\*</sup>، حسن برزگر<sup>۲</sup>، مهران نوری<sup>۳</sup>، شیما جلدانی<sup>۴</sup>

۱. دانشیار، گروه صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
  ۲. استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
  ۳. دانش آموخته، رشته صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
  ۴. دانش آموخته، رشته صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳)

### چکیده

امروزه استفاده از پوشش‌های خوراکی زیست‌تخریب‌پذیر با اهمیت است. در این مطالعه از پوشش‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی نانورس و اسانس نعناع برای تخم مرغ استفاده شد. بدین منظور ابتدا ترکیب پوشش با طرح مرکب مرکزی بر اساس مقاومت به کشش، کشش‌پذیری و نفوذپذیری به بخار آب بهینه‌سازی شد. نمونه بهینه شامل ۳/۴۸ درصد نانورس و ۱/۳۵ درصد اسانس بود. سپس کاهش وزن، pH سفیده، شاخص هاو و زرده تخم مرغ‌های با پوشش کربوکسی متیل سلولز، با پوشش بهینه و بدون پوشش (شاهد)، با یکدیگر طی نگهداری در شرایط یخچال و محیط مقایسه شدند. بررسی نتایج نشان داد که ویژگی‌های کیفی تخم مرغ‌های پوشش داده شده با زیست پلیمر بهینه با افت کمتری طی مدت نگهداری در یخچال و محیط، نسبت به نمونه شاهد همراه بودند. در نتیجه استفاده از این نوع پوشش همراه با کنترل دمای نگهداری، میزان ماندگاری تخم مرغ را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تخم مرغ، نعناع فلفلی، پوشش ضد میکروبی، شاخص هاو.

### مقدمه

تخم مرغ منبعی ارزان از پروتئین‌ها و مواد تغذیه‌ای با کیفیت بالا است (Caner, 2005). با این وجود، تخم مرغ طی مدت نگهداری به دلیل انتقال جرم (انتقال بخار آب و دی‌اکسید کربن) از طریق پوسته دچار فساد می‌شود (Stadelman, 1995). همچنین طی انبارمانی مشکلاتی از جمله کاهش وزن و افت کیفیت درونی، در تخم مرغ رخ می‌دهد که سبب زیان‌های اقتصادی بر صنعت طیور می‌گردد (No et al., 2005). یکی از مناسب‌ترین راهکارهای مورد استفاده جهت جلوگیری از افت کیفی تخم مرغ طی انبارمانی استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌باشد. طی سال‌های اخیر استفاده از پلی‌ساکاریدها، به عنوان پوشش‌های خوراکی زیست تخریب‌پذیر در صنایع غذایی توجه ویژه‌ای به خود جلب کرده است (Suppakul et al., 2011; Wardy et al., 2011; Torrico et al., 2010). پلی‌ساکارید سلولز در بین گیاهان، فراوان‌ترین منبع آلی تجدیدپذیر می‌باشد. مشتقات سلولز از جمله متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، کربوکسی متیل سلولز و سلولز میکروکریستاله که دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و

کلوئیدی منحصر به فردی هستند از دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Suppakul et al., 2011). به‌کارگیری ترکیبات لیپیدی در ساختار فیلم‌های هیدروکلوئیدی از روش‌های مناسب جهت بهبود ویژگی‌های آن‌ها است (Pereda et al., 2014). نعناع فلفلی با نام علمی *منتاپیپریتا*<sup>۱</sup> و نام رایج پپرمنت<sup>۲</sup>، گیاهی است از تیره نعنائیان که از دوران گذشته به عنوان یک گیاه معطر و اشتهاآور به کار می‌رفته است. اسانس این گیاه دارای ماده‌ای به نام منتول<sup>۳</sup> می‌باشد که ایجاد احساس خنکی کرده و به عنوان طعم‌دهنده و معطر کننده در محصولات بهداشتی، غذایی و دارویی استفاده می‌شود. همچنین فعالیت ضد میکروبی این اسانس از دیرباز شناخته شده است (Kazem Alvandi et al., 2010). از این رو به دلیل ماهیت لیپیدی بودن، ممکن است با افزودن این اسانس به پلیمر ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی آن بهبود یابد (Giannelis, 1996). افزودن درصد پایینی از نانو رس به پلیمرها ممکن است سبب بهبود خواص مکانیکی، پایداری حرارتی می‌شود؛ همچنین افزودن نانو رس به پلیمر می‌تواند با

1. Menthapiperita  
2. Peppermint  
3. Menthol

ترکیب زیست پلیمر بر پایه کربوکسی متیل سلولز با استفاده از نانو رس و اسانس نعناع بود و سپس تأثیر این پوشش‌دهی بر ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ تازه طی مدت نگهداری مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه مواد

مواد مورد نیاز شامل اسانس گیاه نعناع فلفلی (شرکت داروسازی گیاه اسانس، گرگان، ایران)، تخم مرغ (شرکت تلاونگ، تهران، ایران)، کربوکسی متیل سلولز ( ) و نانورس ( ) تهیه و تا زمان استفاده در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، در یخچال نگهداری شدند.

### تهیه نانو کامپوزیت

در این مطالعه در ابتدا فرمولاسیون فیلم‌ها و پوشش‌ها، با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه‌سازی و سپس فرمول بهینه جهت پوشش‌دهی نمونه‌های تخم‌مرغ بکار برده شد. زیست پلیمرهای بر پایه کربوکسی متیل سلولز طبق یک طرح مرکب مرکزی تهیه گردید. فیلم‌ها بر اساس روش مورد استفاده توسط Dashipour و همکاران (۲۰۱۵) تهیه شد. بدین منظور ابتدا ۲ گرم CMC در ۲۰۰ ml آب مقطر تحت همزنی ثابت توسط یک همزن مغناطیسی در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  به مدت ۴۵ دقیقه حل شد، سپس ۱ ml گلیسرول به عنوان نرم کننده به محلول افزوده شد. در مرحله بعد، به مخلوط حاصل، بر اساس داده‌های حاصل از طرح سطح پاسخ، نانورس و اسانس نعناع افزوده و حرارت دهی در  $24^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۸ دقیقه انجام شد. در نهایت محلول‌های تهیه شده در پلیت‌های شیشه‌ای به قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته و سپس در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ ساعت خشک شدند.

### خواص مکانیکی فیلم‌ها

نمونه فیلم بر پایه کربوکسی متیل سلولز (۲۵-۱۵۰ میلی‌متر) در دمای  $1 \pm 30^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت  $2 \pm 50\%$  مشروط شد. خواص کششی بر اساس روش ASTM D 882-06 (ASTM, 2006) و با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل (Micro stable system) TA-XT-PLUS، ساخت انگلستان مشخص شد. هر نمونه فیلم به ابعاد  $6 \times 1$  سانتی‌متر مربع بریده شد و در بین دو فک دستگاه قرار گرفت. فاصله اولیه بین دو فک دستگاه ۴۰ میلی‌متر و سرعت حرکت فک بالایی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه بود. پنج نمونه از هر فیلم مورد آزمایش قرار گرفتند و پارامترهای مقاومت به کشش بر حسب مگاپاسکال

کند نمودن انتشارهای مولکولی، سبب بهبود خواص ممانعت کنندگی پلیمر نسبت به رطوبت، اکسیژن، کربن دی‌اکسید، تابش فرابنفش در مقایسه با کامپوزیت‌های معمولی گردد. مونت موریلونیت<sup>۱</sup> (MMT) به دلیل قیمت نسبتاً ارزان و مضر نبودن برای محیط زیست و در دسترس بودن در مقادیر زیاد، رایج‌ترین سیلیکات لایه‌ای مورد استفاده در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های نانو کامپوزیتی است ( Sorrentino et al., 2006; Almasi et al., 2010). در سال‌های اخیر نانو کامپوزیت‌های بر پایه زیست پلیمرها موضوع خیلی از پژوهش‌ها بوده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به نانو کامپوزیت‌های بر پایه نشاسته ذرت و گندم (McGlashan & Halley; 2003)، نانو کامپوزیت‌های بر پایه کیتوزان (Xu et al., 2006) و همچنین نانو کامپوزیت‌های بر پایه ترکیبات پروتئینی از جمله پروتئین آب پنیر (Olabarrieta et al., 2006) و گلوتن گندم (Hedenqvist et al., 2006) اشاره کرد. طی پژوهش‌های اخیر، افزودن سیلیکات‌های لایه‌ای بخصوص مونت موریلونیت در پلیمرها به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است (Oguzlu & Tihminlioglu; 2007., Günister et al., 2007., Rhim & Ng., 2007) نتایج این مطالعات مناسب بودن نانو رس مونت موریلونیت جهت بهبود ویژگی‌های کاربردی فیلم‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. بررسی تأثیر نرم کننده‌های<sup>۲</sup> مختلف شامل گلیسرول، پروپیلن گلیکول و سوربیتول و روش پوشش‌دهی (اسپری کردن، غوطه‌وری یا برس زنی) روی کیفیت و ماندگاری تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با کیتوزان طی ۴ هفته نگهداری در ۲۴ درجه سانتی‌گراد، نشان دادند که نوع پلاستی‌سایزر، اثر چشمگیری بر درصد کاهش وزن و شاخص‌ها<sup>۳</sup> نداشته، اگرچه استفاده از سوربیتول نسبت به گلیسرول و پروپیلن گلیکول، کاهش وزن کمتری را نشان داد (Kim et al., 2009). تأثیر بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های متیل سلولز (۲ درصد وزنی- حجمی) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (۱ درصد وزنی- حجمی) با استفاده از روش سطح پاسخ<sup>۴</sup> روی درصد کاهش وزن تخم‌مرغ و میزان نفوذپذیری به بخار آب پوشش نشان داد که غلظت‌های بهینه برای پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰ و مخلوط اسید پالمیتیک- استئاریک در ترکیب پوشش به ترتیب ۱ و ۴ درصد می‌باشد (Suppakul et al., 2011).

بنابراین مطالعه حاضر در مرحله اول به دنبال بهینه سازی

1. Montmorillonite

2. Plasticizer

3. HU

4 Response surface methodology

(TS)؛ و درصد کشش پذیری (E) تعیین شد.

برای اندازه‌گیری انتقال بخار آب از روش ASTM E96(1995) استفاده شد. برای این کار از ویال‌های مخصوصی با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر استفاده شد. در درپوش این ویال‌ها منفذی به قطر ۸ میلی‌متر قرار دارد که قطعه‌ای از فیلم مورد آزمون در این قسمت قرار می‌گیرد. ۳ گرم سولفات کلسیم در داخل ویال‌ها قرار داده شد. قطعه‌ای از فیلم بریده شده و در درپوش ویال قرار گرفته و بر روی ویال بسته شد. ویال‌ها با تمام محتوایش توزین شده و درون دسیکاتوری حاوی محلول اشباع سولفات پتاسیم قرار گرفتند. جهت اطمینان از حفظ حالت اشباع، اجازه داده شد که مقداری رسوب سولفات پتاسیم در کف دسیکاتور ایجاد شود. سولفات پتاسیم اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۹۷ درصد ایجاد می‌کند. دسیکاتور در درون انکوباتور  $25 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و به مدت چهار روز هر چند ساعت یک‌بار تا رسیدن به وزن ثابت، وزن ویال‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار بخار آب انتقال یافته از فیلم‌ها، از روی افزایش ویال‌ها تعیین شد. منحنی افزایش وزن ویال‌ها با گذشت زمان رسم شد و پس از محاسبه رگرسیون خطی، شیب خط حاصل محاسبه گردید. از تقسیم کردن شیب خط مربوط به هر ویال به کل سطح فیلم که در معرض انتقال بخار آب قرار داشت، آهنگ انتقال بخار آب (WVTR) به دست آمد. نفوذپذیری به بخار آب (WVP) نیز طبق رابطه زیر به دست آمد.

$$\text{WVP} = \frac{\text{WVTR}}{P(R1-R2)} \cdot X \quad (\text{رابطه ۱})$$

X: ضخامت فیلم (m)

P: فشار بخار آب خالص در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

R<sub>1</sub>: رطوبت نسبی در دسیکاتور (۹۷٪)

R<sub>2</sub>: رطوبت نسبی در داخل ویال (٪)

### پوشش‌دهی تخم‌مرغ

نمونه‌های تخم‌مرغ سالم (۶۰-۷۰ گرم) پس از شستشوی با آب ولرم، خشک شدند. در مرحله بعد برای پوشش‌دهی از فرمول بهینه شده نانورس و اسانس نعناع استفاده شد. بدین منظور ابتدا تخم‌مرغ‌های تازه در محلول‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز به مدت تقریباً ۱۵ ثانیه غوطه‌ور و پس از خارج شدن از محلول، در شرایط محیط قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس ویژگی‌های تیمارهای نگهداری شده در شرایط محیط در هفته اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم ارزیابی شدند. همچنین تخم‌مرغ‌هایی که در یخچال نگهداری شدند در هفته پنجم و پانزدهم مورد بررسی قرار گرفتند.

### ویژگی‌های تخم‌مرغ

برای ارزیابی کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها بلافاصله بعد از خشک شدن پوشش سطح آن‌ها، با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل Sartorius ساخت کشور آلمان، توزین شدند. سپس در طی مدت نگهداری در یخچال و محیط، تخم‌مرغ‌های مورد آزمایش توزین و بر اساس رابطه زیر میزان کاهش وزن نمونه‌ها تعیین شد (Caner & Cansiz, 2007).

$$\text{کاهش درصد وزن} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

W<sub>۱</sub>: وزن اولیه تخم‌مرغ بلافاصله بعد از پوشش‌دهی؛

W<sub>۲</sub>: وزن تخم‌مرغ در هفته مورد نظر.

شاخص‌ها<sup>۱</sup> تخم‌مرغ وابسته به وزن تخم‌مرغ و ارتفاع ضخیم‌ترین قسمت آلبومین است. این شاخص بین ۲۰ تا ۱۰۰ متغیر است و هرچه بالاتر باشد، کیفیت سفیده تخم‌مرغ بیشتر است. برای تعیین آن ارتفاع آلبومین توسط یک میکرومتر دیجیتالی مدل Mitutoyo 293 اندازه‌گیری و عدد حاصل در معادله زیر برای تعیین شاخص قرار داده شد

$$\text{رابطه ۳)} \quad (H - 1.7W^{0.37} + 6.7) = 100 \log(H) = \text{اندیس‌ها}$$

W = وزن تخم‌مرغ به گرم

H = ارتفاع آلبومین به میلی‌متر.

شکل کروی طبیعی زرده تخم‌مرغ در قالب شاخص زرده بیان می‌رود و عبارت است از حاصل تقسیم ارتفاع زرده به عرض آن. از این شاخص برای تعیین کیفیت و تازگی زرده استفاده می‌شود. بطوریکه ضعیف شدن پیشرونده غشای زرده و نیز آبکی شدن آنرا، که بیشتر به دلیل انتشار آب از آلبومین است، نشان می‌دهد (No et al, 2007). شاخص زرده ۰/۴۵ نشان از کیفیت مناسب تخم‌مرغ است (Senkoylu, 2001). کاهش این شاخص نشان از تضعیف غشای ویتلینی<sup>۲</sup> زرده و آبکی شدن آن، ناشی از انتشار آب از آلبومین می‌باشد (Obanu & Mpieri, 1984). به منظور محاسبه شاخص زرده، از یک میکرومتر دیجیتالی مدل Mitutoyo 293 ساخت کشور ژاپن برای اندازه‌گیری ارتفاع و عرض زرده استفاده گردید و اعداد در معادله زیر قرار داده شدند.

$$\text{رابطه ۴)} \quad \frac{H}{W} \times 100 = \text{اندیس زرده}$$

به منظور اندازه‌گیری pH سفیده تخم‌مرغ، پس از جداسازی زرده از سفیده تخم‌مرغ، pH سفیده توسط pH متر الکتریکی Metrohm مدل ۸۲۶ ساخت کشور سوئیس محاسبه شد.

1. HU Index

2. Vitelline membranes

### طرح آماری و آنالیز داده‌ها

برای بررسی تأثیر همزمان نانورس و اسانس نعناع بر ویژگی‌های پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز از روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی استفاده شد. این طرح ۱۳ تیمار شامل ۴ تیمار محوری، ۴ تیمار فاکتوریل و ۵ تیمار مرکزی داشت. توابع پاسخ درجه دوم برای آزمایش‌ها با استفاده از مدل رگرسیونی زیر پیش‌بینی شد (Myers & Montgomery, 2002).  
(رابطه ۵)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^4 \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon_{ij}$$

که در این رابطه Y شامل نفوذپذیری نسبت به بخار آب (WVP)، مقاومت به کشش (TS) و کشیدگی (E) به عنوان متغیرهای وابسته؛  $X_i$  و  $X_j$  متغیرهای مستقل (نانورس و اسانس نعناع) و  $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$  به ترتیب ثابت رابطه، ضرایب رگرسیونی اثرات خطی، درجه دوم و برهمکنش‌ها می‌باشند. آنالیز داده‌ها و تحلیل سطح پاسخ و همچنین ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت انجام شد. جدول ۱ متغیرهای بهینه‌سازی غلظت ترکیبات تشکیل دهنده پوشش و سطوح آن‌ها در طرح مرکب مرکزی را نشان می‌دهد. بهینه‌سازی عددی به‌منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل به گونه‌ای انجام شد که مقاومت به کشش و کشش‌پذیری پوشش‌ها در

بیشترین مقدار و نفوذپذیری آن‌ها نسبت به بخار آب در کمترین مقدار ممکن باشد. همچنین برای بررسی اثر پوشش‌های خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز بر پارامترهای کیفی تخم‌مرغ طی انبارمانی از طرح کاملاً تصادفی و آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار میننی تب (نسخه ۱۶) استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون چند دامنه‌ای دانکن ( $\alpha=0.05$ ) به کار گرفته شد.

جدول ۱. دامنه و سطوح هر یک از متغیرهای مستقل در طرح چرخش‌پذیر مرکب مرکزی

متغیر مستقل	واحد	نماد	۱	۰	-۱
نانورس	%	$X_1$	۵	۴/۲۷	۲/۵
اسانس نعناع فلفلی	%	$X_2$	۲	۱/۷۱	۰/۲۹

### نتایج و بحث

#### بررسی ویژگی‌های فیلم‌ها

نتایج مقاومت کششی و کشش‌پذیری (ازدیاد طول) فیلم‌های برپایه کربوکسی متیل سلولز حاوی نانورس و اسانس نعناع در جدول ۲، نشان داد که با افزایش میزان ذرات نانورس، مقاومت کششی فیلم‌ها افزایش می‌یابد.

جدول ۲. ترتیب تیمارهای تصادفی آزمایش در طرح چرخش‌پذیر مرکب مرکزی و متغیرهای پاسخ

تیمار	$X_1$	$X_2$	مقاومت به کشش (MPa)	کشش‌پذیری (%)	نفوذپذیری به بخار آب ( $g s^{-1} m^{-1} Pa^{-1} \times 10^{-10}$ )
۱	۲/۵	۰/۰۰	۲۸/۲۰	۱۷/۰۲	۲/۳۲
۲	۲/۵	۱/۰۰	۲۳/۰۹	۲۴/۴۱	۱/۷۴
۳	۲/۵	۱/۰۰	۲۲/۴۱	۲۳/۵۰	۱/۶۵
۴	۲/۵	۱/۰۰	۲۲/۵۵	۲۵/۸۱	۱/۶۴
۵	۴/۲۷	۰/۲۹	۳۰/۱۰	۱۴/۵۶	۱/۹۰
۶	۴/۲۷	۱/۷۱	۲۰/۰۸	۲۶/۰۸	۱/۴۹
۷	۲/۵	۱/۰۰	۲۱/۱۱	۲۵/۴۰	۱/۷۵
۸	۲/۵	۲/۰۰	۱۸/۶۳	۲۷/۶۵	۱/۵۷
۹	۰/۰۰	۱/۰۰	۱۶/۲۱	۳۰/۰۵	۲/۳۱
۱۰	۵/۰۰	۱/۰۰	۲۴/۰۰	۲۲/۳۰	۱/۵۵
۱۱	۰/۷۳	۱/۷۱	۱۷/۴۵	۲۹/۲۴	۱/۶۵
۱۲	۰/۷۳	۰/۲۹	۲۶/۶۰	۲۲/۳۱	۲/۳۱
۱۳	۲/۵	۱/۰۰	۲۱/۱۷	۲۴/۴۶	۱/۷۶

غیر معنی‌دار و نانورس حاوی اسانس، مثبت و معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آن‌ها منفی و غیر معنی‌دار شد. همچنین نانورس اثر خطی منفی و معنی‌داری بر کشش‌پذیری و اسانس اثر خطی مثبت و معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) داشت. یافته‌ها نشان داد که اثر درجه دوم کشش‌پذیری نانورس مثبت و غیرمعنی‌دار

با توجه به جدول ۳، آنالیز واریانس داده‌های حاصل از آزمون مقاومت کششی و کشش‌پذیری نشان داد که نانورس اثر خطی مثبت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بر مقاومت به کشش فیلم کربوکسی متیل سلولز داشت و اثر خطی اسانس، منفی و غیر معنی‌دار شد. اثر درجه دوم مقاومت کششی نانو رس، منفی و

فیلم، میزان نفوذپذیری کاهش معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) می‌یابد. کاهش نفوذپذیری نسبت به بخار آب به حضور ذرات نانورس با نسبت زمینه‌ی بالا و ایجاد مسیر زیگزاگی و طولیل برای نفوذ مولکول‌های بخار آب نسبت داده شده است. هرچه لایه‌های نانورس در ماتریکس بیوپلیمر بیشتر و بهتر پخش شوند، این مسیرهای زیگزاگی بیشتر شده و بازدارندگی فیلم در برابر بخار آب و گازها بیشتر می‌شود (Casariego et al, 2009). همچنین این نتایج با پژوهش Park et al., (2002) مطابقت داشت.

جدول ۳ نتایج حاصل از آنالیز واریانس نفوذپذیری به بخار آب را در فیلم‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز نشان می‌دهد. با توجه به یافته‌های این جدول مشخص شد که اثر خطی نانورس و اسانس، منفی و معنی‌دار، اثر متقابل آن‌ها مثبت و غیرمعنی‌دار، اثر درجه دوم نانورس غیرمعنی‌دار و اثر درجه دوم نانورس حاوی اسانس نعناع در ( $p < 0.05$ ) مثبت معنی‌دار شد. همچنین مشخص گردید که مدل پیشنهادی برای این خصوصیات معنی‌دار بوده و عدم برازش آن‌ها غیر معنی‌دار می‌باشد. همچنین مقادیر  $R^2$  و  $Adj-R^2$  برای این خصوصیات از میزان بالا و قابل قبولی برخوردار بود.

و اثر درجه دوم کشش‌پذیری نانورس حاوی اسانس منفی و معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) شد. همچنین اثر متقابل کشش‌پذیری نانورس و نانورس حاوی اسانس مثبت و غیر معنی‌دار شد. تحقیقات نشان داد که مقدار بالای مقاومت به کشش در فیلم‌های بر پایه متیل سلولز، تا حدود زیادی به پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره متیل سلولز نسبت داده شده است. این پیوندها به انسجام و انعطاف‌پذیری کم در فیلم‌های غیر پلاستیکی کمک می‌کند (Turhan, et al, 2001). همچنین با افزایش اسانس روغنی، میزان کشش‌پذیری در تمامی تیمارها افزایش یافت. چرا که چربی به عنوان یک نرم‌کننده پایداری فیلم را افزایش می‌دهد (Javanmard & Gholestan, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که پلی اتیلن گلیکول (PEG) سبب کاهش جاذبه بین مولکولی از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی بین زنجیره‌های متیل سلولز شده که از این طریق انعطاف‌پذیری افزایش می‌یابد (Turhan & S\_ahbaz, 2004). از سوی دیگر بررسی ویژگی نفوذپذیری نسبت به بخار آب حاکی از آن است که انتقال بخار آب از فیلم‌ها به دو فاکتور حلالیت و نفوذپذیری مولکول‌های آب در ماتریکس فیلم بستگی دارد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان نانورس در ساختار

جدول ۳. ضرایب رگرسیون معادلات درجه دوم پاسخ‌های فیلم‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز

منبع	مقاومت به کشش (MPa)	کشش‌پذیری (%)	نفوذپذیری نسبت به بخار آب ( $g s^{-1} m^{-1} Pa^{-1} \times 10^{-10}$ )
$\beta_0$	۲۲/۰۷	۲۴/۷۲	۱/۷۱
$\beta_1$	۲/۱۴*	-۲/۷۳***	-۰/۲۱***
$\beta_2$	-۴/۰۹***	۴/۱۹****	-۰/۲۷***
$\beta_1 \beta_2$	-۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۱/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۳ <sup>ns</sup>
$\beta_1 \beta_1$	-۰/۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۶ <sup>ns</sup>
$\beta_2 \beta_2$	۱/۲۱ <sup>ns</sup>	-۱/۴۹**	۰/۰۹۳*
Model (P-value)	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴
Lack of fit (P-value)	۰/۰۶۲	۰/۲۹۲	۰/۰۷۴
$R^2$	۰/۹۱۷	۰/۹۶۶	۰/۹۳۹
Adj- $R^2$	۰/۸۵۷	۰/۹۴۳	۰/۸۹۶
CV (%)	۶/۸۵	۴/۳۵	۵/۳۵

ns, \*, \*\*, \*\*\* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح  $p < 0.05$ ، معنی‌داری در سطح  $p < 0.01$ ، معنی‌داری در سطح  $p < 0.001$  می‌باشند.

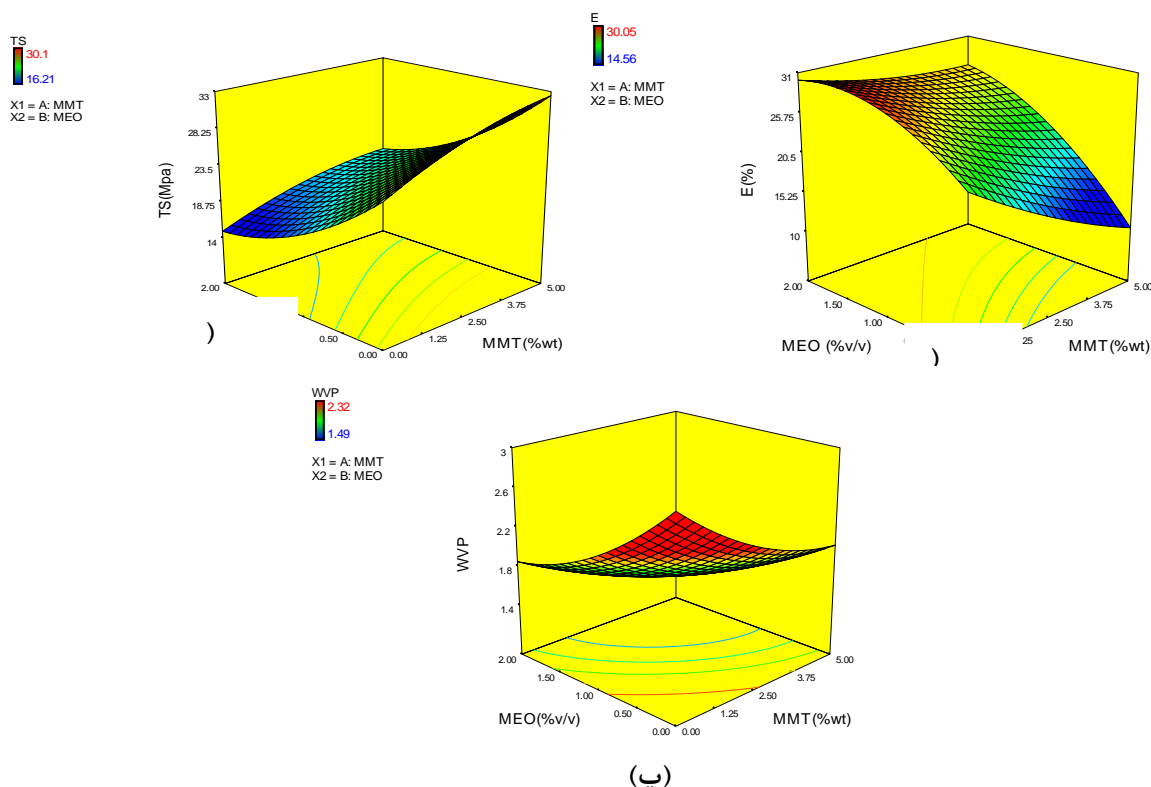
تجربی با یکدیگر مقایسه شد. جدول ۴ مقایسه مقادیر تجربی و شکل (۱) نمودارهای سطح پاسخ مربوط به مقاومت کششی، کشش‌پذیری و نفوذپذیری نسبت به بخار آب پوشش‌های تولید شده بر پایه کربوکسی متیل سلولز را نشان می‌دهند. شکل ۱ (آ) نشان می‌دهد که با افزایش درصد نانورس مقاومت

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهترین فرمولاسیون بالاترین مطلوبیت ( $D = 0.70$ ) انتخاب شد. شرایط بهینه شامل ۳/۴۸ درصد نانورس و ۱/۳۵ درصد حاوی اسانس نعناع بود. به‌منظور اعتبار سنجی مدل در برآورد فرمول بهینه، نمونه‌های تجربی تهیه و مقادیر شاخص‌های برآورد شده پاسخ‌ها با مقادیر

جدول ۴. مقایسه بین مقادیر برآوردی و تجربی پاسخ‌های مربوط به شرایط بهینه پوشش‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز

ویژگی	برآورد	واقعی
مقاومت کششی (MPa)	۲۱/۹۰	۲۱/۱۳±۰/۸۷
کشش پذیری (%)	۲۴/۵۰	۲۳/۷۷±۰/۹۳
نفوذ پذیری نسبت به بخار آب ( $g s^{-1} m^{-1} Pa^{-1} \times 10^{-10}$ )	۱/۵۱	۱/۴۸±۰/۰۳

کششی افزایش یافته و با افزایش درصد اسانس نعناع فلفلی مقاومت کششی کاهش یافت. اما در شکل (ب) با افزایش درصد اسانس نعناع فلفلی درصد کشش‌پذیری افزایش و کاهش کشش‌پذیری با افزایش نانورس مشاهده شد. همچنین با توجه به شکل (پ) مشخص شد که افزایش درصد نانورس و اسانس نعناع فلفلی سبب افزایش ممانعت‌کنندگی نسبت به بخار آب می‌شود.



شکل ۱. تاثیر نانورس (MMT) و اسانس نعناع فلفلی (MEO) بر مقاومت کششی (آ)، کشش پذیری (ب) و ممانعت‌کنندگی نسبت به بخار آب فیلم‌ها (پ)

پوسته، افت وزن در تخم‌مرغ اتفاق می‌افتد (Ryu et al, 2009)؛  
(Bhale et al., 2003).

در بین نمونه‌های حاوی پوشش نیز، نمونه‌های تیمار شده با پوشش کربوکسی متیل سلولز-نانو رس حاوی اسانس کاهش وزن کمتری داشتند. کمترین میزان کاهش طی ۵ هفته در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، مربوط به نمونه حاوی نانورس همراه با اسانس نعناع (به ترتیب با مقادیر ۱/۰۶ و ۴/۳۰) بود. علت این امر به دلیل حضور اسیدهای چرب در اسانس روغنی است که به دلیل ماهیت آب‌گریزی از عبور رطوبت ممانعت می‌کنند (Zivanovic et al., 2005). نتایج بررسی اثر پوشش‌های خوراکی زئین و کیتوزان حاوی اسانس پونه کوهی بر ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ نشان داد که نتایج آن‌ها نیز تفاوت معنی‌داری را در کاهش وزن تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده

#### بررسی ویژگی‌های تخم‌مرغ پوشش‌دار

ابتدا تغییرات وزن تخم مرغ طی مدت نگهداری بررسی می‌شود. همان‌طور که در جدول ۵ و ۶، آورده شده است، تمامی تخم‌مرغ‌های مورد مطالعه در تمامی گروه‌های تیمار و شاهد با کاهش وزن معنی‌داری همراه بودند. بدین معنی که در تمامی تیمارها با گذشت هر هفته، درصد کاهش وزن افزایش یافت. این شاخص یکی از ساده‌ترین روش‌های ارزیابی ماندگاری تخم‌مرغ است. تبخیر آب یک فرایند کاملاً وابسته به شرایط نگهداری همچون دما، رطوبت و میزان تهویه محل نگهداری تخم‌مرغ است. به طوری که نگهداری تخم‌مرغ در شرایط یخچال باعث کنترل مؤثر تبخیر آب و نهایتاً کاهش کمتر وزن می‌گردد (جدول ۵). معمولاً هم‌زمان با افزایش زمان نگهداری تخم‌مرغ و به دلیل از دست رفتن رطوبت و دی‌اکسید کربن از طریق منافذ

متیل سلولز در مقایسه با گروه کنترل است. همچنین در بین نمونه‌های دارای پوشش نیز، تیمارهای پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز - نانورس همراه با اسانس نسبت به پوشش کربوکسی متیل سلولز به تنهایی، شاخص‌ها و بالاتری را در پایان هفته پنجم در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان دادند. اندیس‌ها، ارتفاع ضخیم‌ترین بخش آلومین را نشان می‌دهد و هرچه قدر بالاتر باشد کیفیت سفیده بالاتر خواهد بود. در طی نگهداری تخم‌مرغ، خروج دی‌اکسید کربن از طریق منافذ پوسته، موجب افزایش pH آلومین، شکسته شدن پیوند اووموسین-لیزوزیم و آبکی شدن سفیده می‌گردد که باعث کاهش شاخص‌ها می‌شود (Caner & Cansiz, 2008). محدوده شاخص‌ها، بین ۲۰ برای آلومین یا سفیده با کیفیت نامناسب و ۱۰۰ برای سفیده با کیفیت عالی است (No *et al*, 2007). در مجموع مطالعه حاضر، نتایج تحقیقات Kim *et al* (2009) مبنی بر پوشش‌دهی تخم‌مرغ با کیتوزان و نتایج Mohammadi *et al* (2012) را در مورد اثر پوشش حاوی اسید اولئیک، در افزایش عمر نگهداری تخم‌مرغ‌ها ۳-۴ هفته بیش از نمونه‌های بدون پوشش را تأیید می‌کند.

نسبت به نمونه کنترل نشان داد (Tajik *et al*, 2010). همچنین در بررسی اثر پوشش‌های فعال خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی اولئیک اسید و ترکیبات ضد میکروبی مشخص گردید که کمترین میزان کاهش وزن مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز - اسید اولئیک ۱ و ۲ درصد بود که ناشی از حضور اسید اولئیک در ترکیب پوشش کربوکسی متیل سلولز می‌باشد (Mohammadi *et al*, 2012). از سوی دیگر تأثیر پوشش‌دهی بر شاخص‌ها در جدول ۵ و ۶، طی ۵ هفته نگهداری در دمای ۴ و ۱۵ هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است. در همه گروه‌ها مقادیر‌ها در طی دوره نگهداری پنج هفته سیر کاهشی را نشان داد، اما این کاهش در پوشش‌های مختلفی با یکدیگر تفاوت داشت. کاهش در نمونه‌های شاهد و نمونه‌های همراه با پوشش اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. کمترین شاخص‌ها در گروه دارای پوشش کربوکسی متیل سلولز - نانورس همراه با اسانس در پایان هفته پنجم (۱/۲۴ ± ۵۹/۴۱) تقریباً مشابه این شاخص در هفته دوم گروه شاهد (۶/۱۸ ± ۶۰/۵۳) بود که این نشان دهنده تأثیر مثبت پوشش‌دهی بر روی کیفیت اولیه آلومین تخم‌مرغ و تأخیر افتادن حداقل سه هفته‌ای تنزل کیفیت آلومین به واسطه پوشش‌های پلیمری بر پایه کربوکسی

جدول ۵. میزان شاخص‌ها و درصد کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها طی پانزده هفته نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

اندیس‌ها			درصد کاهش وزن			
پانزدهم	پنجم	صفر	پانزدهم	پنجم	صفر	پوشش
$Cb_{4/29 \pm 66/65}$	$Ba_{3/86 \pm 78/18}$	$Aa_{1/23 \pm 98/30}$	$Aa_{0/56 \pm 5/29}$	$Ca_{0/46 \pm 1/72}$	۰	شاهد
$Ab_{1/09 \pm 70/52}$	$Ba_{5/98 \pm 79/88}$	$Aa_{1/23 \pm 98/30}$	$Cb_{0/08 \pm 3/98}$	$Eab_{0/24 \pm 1/38}$	۰	کربوکسی متیل سلولز
$Ba_{0/32 \pm 76/50}$	$Ba_{7/29 \pm 81/09}$	$Aa_{1/23 \pm 98/30}$	$Bc_{0/28 \pm 2/88}$	$Cb_{0/04 \pm 1/06}$	۰	کربوکسی متیل سلولز نعناع

حروف کوچک و بزرگ غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطرها، ستون‌ها می‌باشد.

میزان شاخص زرده نیز با گذشت زمان از یک الگوی کاهشی تبعیت می‌کند. کمترین میزان کاهش مربوط به گروه کربوکسی متیل سلولز - نانورس حاوی اسانس نعناع که از ۰/۴۲ ± ۰/۰۱ در هفته صفر به ۰/۳۱ ± ۰/۰۲ در پایان هفته پنجم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسیده است. در مجموع بین نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) وجود دارد. نتایج این پژوهش با نتایج Suppakul *et al*, 2007; No *et al*, 2010; Tajik *et al*, 2010; al, 2010; Mudannayaka, *et al*, 2016; اثر استفاده از پوشش‌دهی تخم‌مرغ را در افزایش شاخص زرده در شرایط نگهداری بررسی کردند، همخوانی دارد.

تغییرات pH آلومین نیز می‌تواند به عنوان شاخصی دیگر برای کیفیت تخم‌مرغ مورد بررسی قرار گیرد. آلومین تخم‌مرغ

بررسی تأثیر پوشش‌ها بر پایه کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ تازه نشان داد که نمونه‌های با پوشش نسبت به نمونه‌های فاقد پوشش عمر نگهداری و شاخص‌ها و بالاتری دارند به طوری که بعد از ۷ روز شاخص‌ها در تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده از درجه AA به درجه A کاهش یافت و در طی دوره نگهداری در همان درجه A باقی ماند ولی در نمونه‌های بدون پوشش طی نگهداری بعد از ۵ روز از درجه AA به درجه A و سپس بعد از مدتی به درجه B هم رسید (Suppakul *et al*, 2010).

بررسی تأثیر پوشش‌دهی بر شاخص زرده طی نگهداری در یخچال در جدول ۶، و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲، آورده شده است. مشابه شاخص‌ها، در تمامی گروه‌ها،

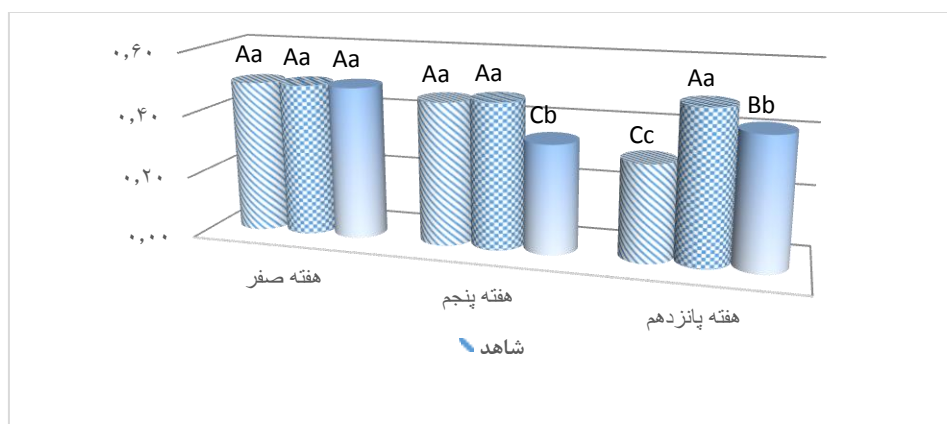
نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در نمونه‌های شاهد، در طی هفته اول، pH از ۷/۸۵ به ۹/۲۴ افزایش یافت و سپس به آرامی تا pH ۹/۶۰ نیز بالا رفت. از سوی دیگر pH از ۷/۸۵ به حدود ۸/۸۲ و ۸/۶۲ افزایش یافت که در مقایسه با نمونه شاهد و بدون پوشش به صورت معنی‌داری کمتر بود. بنابراین استفاده از پوشش‌های بر پایه کربوکسی متیل سلولز با ایجاد سد محکم در برابر خروج گاز دی‌اکسیدکربن از تخم‌مرغ عمل می‌کند.

تازه حاوی ۰/۵ درصد دی‌اکسید کربن می‌باشد که در طی دوره نگهداری کاهش پیدا می‌کند. خروج دی‌اکسید کربن از تخم‌مرغ منجر به افزایش pH و آبکی شدن آلبومین به حدود ۹/۵-۹/۶ می‌گردد (Caner, 2005؛ Mudannayaka, et al, 2016). بر اساس نتایج به دست آمده در جدول ۷، بین تیمارهای پوشش‌دار و فاقد پوشش پس از ۵ هفته نگهداری در دمای محیط، اختلاف معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در میزان pH مشاهده گردید. همچنین شکل ۳، تغییرات pH را در طی ۱۵ هفته

جدول ۶. میزان شاخص هاو و درصد کاهش وزن تخم‌مرغ‌ها طی پنج هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

ویژگی	هفته	شاهد	کربوکسی متیل سلولز	کربوکسی متیل سلولز و نعنای
درصد کاهش وزن	۱	Da ۰/۰۶ ± ۰/۲۸	Fb ۰/۰۲ ± ۰/۱۹	Dc ۰/۰۱ ± ۰/۰۷
	۲	Ca ۰/۲۲ ± ۱/۶۷	Eab ۰/۱۴ ± ۱/۴۷	Cb ۰/۱۷ ± ۰/۱۴
	۳	Ba ۰/۴۰ ± ۳/۲۰	Da ۰/۳۱ ± ۲/۹۲	Ba ۰/۴۳ ± ۲/۵۹
	۴	Aa ۰/۵۱ ± ۴/۷۳	Ba ۰/۳۶ ± ۴/۴۵	Aa ۰/۵۶ ± ۳/۹۹
	۵	Aa ۰/۴۰ ± ۵/۴۰	Aa ۰/۲۰ ± ۴/۹۲	Ab ۰/۵۶ ± ۴/۳۰
اندیس هاو	۰	Aa ۱/۲۳ ± ۹۸/۳۰	Aa ۱/۲۳ ± ۹۸/۳۰	Aa ۱/۲۳ ± ۹۸/۳۰
	۱	Cb ۴/۴۲ ± ۶۳/۸۱	Ba ۱/۲۱ ± ۷۸/۳۶	Ba ۱/۷۲ ± ۸۱/۵۱
	۲	CDb ۶/۱۸ ± ۶۰/۵۳	Cb ۱/۸۸ ± ۶۸/۱۰	Ba ۵/۰۹ ± ۷۸/۴۸
	۳	DEb ۳/۸۶ ± ۵۶/۵۷	Db ۰/۹۶ ± ۶۰/۹۴	Ca ۲/۵۸ ± ۶۸/۵۳
	۴	EFb ۱/۸۹ ± ۵۲/۴۶	EDab ۴/۸۸ ± ۵۶/۸۴	CDa ۳/۳۳ ± ۶۲/۶۲
شاخص زرده	۰	Aa ۰/۰۳ ± ۰/۴۹	Aa ۰/۰۳ ± ۰/۴۹	Aa ۰/۰۳ ± ۰/۴۹
	۱	Bb ۰/۰۱ ± ۰/۳۴	Ba ۰/۰۱ ± ۰/۴۱	Ba ۰/۰۱ ± ۰/۴۲
	۲	Db ۰/۰۲ ± ۰/۲۶	CDab ۰/۰۴ ± ۰/۳۳	Ba ۰/۰۸ ± ۰/۴۱
	۳	CDc ۰/۰۰ ± ۰/۲۳	DEb ۰/۰۱ ± ۰/۳۰	BCa ۰/۰۴ ± ۰/۳۸
	۴	Dc ۰/۰۲ ± ۰/۲۱	EFb ۰/۰۲ ± ۰/۲۷	CDa ۰/۰۳ ± ۰/۳۴
۵	Dc ۰/۰۳ ± ۰/۲۰	Fb ۰/۰۲ ± ۰/۲۵	Da ۰/۰۲ ± ۰/۳۱	

حروف کوچک و بزرگ غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در تیمار و روز می‌باشد.

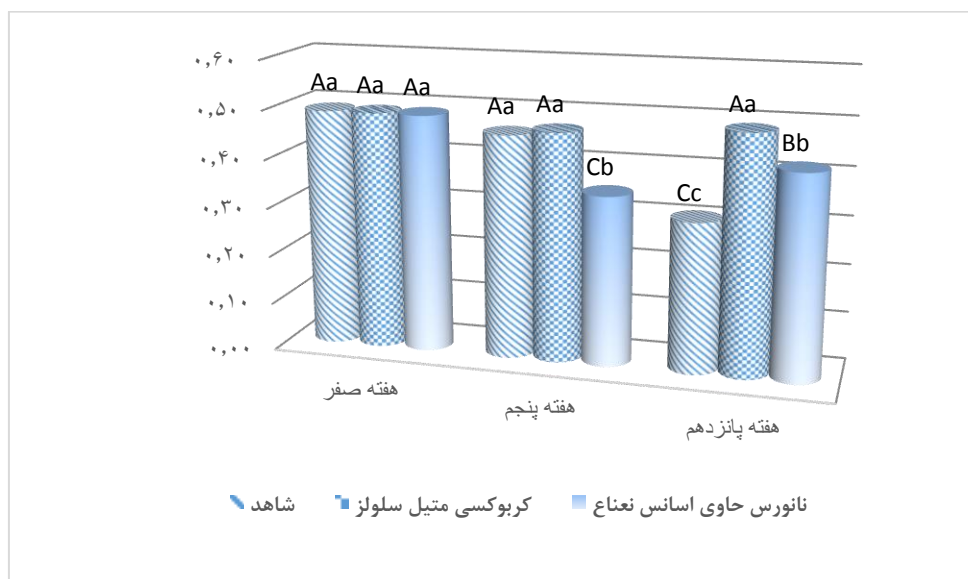


شکل ۲. میزان شاخص زرده تخم‌مرغ‌ها طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد



نسبت به نمونه‌های پوشش‌دار داشته و منجر به یکسری تغییرات نامطلوب می‌گردد (Scott & Silversides, 2000). بررسی اثر پوشش‌دهی تخم‌مرغ با موم، ژلاتین و ژل آلونته و با بر خصوصیات کیفی تخم‌مرغ در طی نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که نمونه‌های بدون پوشش و پوشش داده با ژل آلونته و راه pH آلومین بالاتری نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده با موم و ژلاتین داشتند. اما در نهایت نمونه‌های بدون پوشش از تمامی تیمارهای دارای پوشش pH آلومین بیشتری داشت (Mudannayaka, et al, 2016).

لازم به ذکر است در بین گروه‌های پوشش‌دار، کمترین و بیشترین میزان pH به ترتیب مربوط به تیمار کربوکسی متیل سلولز - نانورس حاوی اسانس نعناع و کربوکسی متیل سلولز بود. در پژوهشی اثر پوشش کیتوزان بر میزان pH آلومین در طی ۴ هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از ۷/۴۸ به ۹/۳۰ افزایش یافت (Caner, 2005). همچنین نیز اثر افزایش pH آلومین در طی نگهداری نشان داد که pH آلومین تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش در طول نگهداری در دمای اتاق، به دلیل خروج گاز دی‌اکسید کربن بیشتر و قلیایی شدن آلومین افزایش بیشتری



شکل ۳. میزان pH تخم‌مرغ‌ها طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد حروف کوچک و بزرگ غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در تیمار و روز می‌باشد.

جدول ۷. میزان pH تخم‌مرغ‌ها طی پنج هفته نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

هفته	شاهد	کربوکسی متیل سلولز	کربوکسی متیل سلولز و نعناع
۰	Da <sub>۷/۸۵</sub>	Ea <sub>۷/۸۵</sub>	Da <sub>۷/۸۵</sub>
۱	Ba <sub>۹/۲۴</sub>	Db <sub>۸/۵۷</sub>	Cc <sub>۸/۲۰</sub>
۲	Aa <sub>۹/۴۹</sub>	CDb <sub>۸/۶۶</sub>	Bc <sub>۸/۳۵</sub>
۳	Aa <sub>۹/۵۱</sub>	BCDb <sub>۸/۷۰</sub>	Ac <sub>۸/۵۰</sub>
۴	Aa <sub>۹/۵۲</sub>	BCDb <sub>۸/۷۲</sub>	Ab <sub>۸/۵۴</sub>
۵	Aa <sub>۹/۶۰</sub>	ABb <sub>۸/۸۲</sub>	Ac <sub>۸/۶۲</sub>

حروف کوچک و بزرگ غیرمشابه به ترتیب نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطرها و ستون‌ها می‌باشد.

دارای اسانس، کاهش کمتری را در شاخص هاو و شاخص زرده کمتری نسبت به نمونه‌های فاقد اسانس نشان دادند. اما در مجموع نمونه‌های پوشش داده شده با زیست پلیمر بهینه نسبت به نمونه شاهد و تخم‌مرغ‌های دارای پوشش کربوکسی متیل سلولز، در پایان هفته پنجم نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه

## نتیجه‌گیری

بررسی جامع نتایج این پژوهش حاکی از آن است که نانوکامپوزیت‌های حاوی اسانس نعناع، سبب بهبود پارامترهای کیفی تخم‌مرغ و کنترل خروج رطوبت و دی‌اکسید کربن و در پی آن جلوگیری از کاهش وزن می‌شود. همچنین پوشش‌های

نوع پوشش همراه با کنترل دمای نگهداری، میزان ماندگاری تخم مرغ را به مقدار زیادی افزایش می دهد.

سانتی گراد و هفته پانزدهم نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی گراد، دارای افت کمتری در تمام ویژگی های کیفی مورد آزمایش نسبت به نمونه شاهد داشتند. در نتیجه استفاده از این

## REFERENCES

- Almasi, H., Ghanbarzadeh, B. & Entezami, A. A. (2010). Physicochemical properties of starch-CMC-nanoclay biodegradable films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 46, 1-5.
- ASTM. (2006). Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting ASTM D 882-02. In: Annual Book of ASTM Standards, vol. 08.01. pp. 164-17.
- ASTM. (1995). Standard test methods for water vapor transmission of material. E96-95. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Bhale, S.D., No, H.K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A.J., Nadarajah, K. & Meyers, S.P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68 (7), 2378-2383.
- Caner, C. & Cansiz, O. (2008). Chitosan coating minimizes eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 88: 56-61.
- 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.
- Caner, C. (2005). The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1897-1902.
- Casariago, A., Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Teixeira, J.A., Cruz, L., Diaz, R. & Vicente, A.A. (2009). Chitosan/clay films' properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles' concentrations. *Food Hydrocolloids*, in press paper.
- Dashipour, A., Razavilar, V., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S., German, J. B., Ghanati, K., Khakpour, M. & Khaksar, R. (2015). Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing Zataria multiflora essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72(0), 606-613.
- Giannelis, E.P. (1996). Polymer layered silicate nanocomposites. *Advanced Materials*, 8, 29-35.
- Günister, E., Pestreli, D., Unlu, C. H., Atici, O., & Gungor, N. (2007). Synthesis and characterization of chitosan-MMT biocomposite systems. *Carbohydrate Polymers*, 67, 358-365.
- Hedenqvist, M.S., Backman, A., Gallstedt, M., Boyd, R.H. & Gedde, U.W. (2006). Morphology and diffusion properties of whey/montmorillonite nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 66, 2350-2359.
- Kazem Alvandi, R., Sharifan, A. & Aghazadeh Meshki, M. (2011). Study of chemical composition and antimicrobial activity of peppermint essential oil. *Journal of Comparative Pathobiology*, 7(4), 355-364. (In Farsi)
- Kim, S. H., Youn, D. K., No, H. K., Choi, S. W. & Prinyawiwatkul, W. (2009). Effect of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1351-1359.
- McGlashan, S.A. & Halley, P.J. (2003). Preparation and characterization of biodegradable starch-based nanocomposite materials. *Polymer International*, 52, 1767-1773.
- Mohammadi, S., Ghanbarzadeh, B., Soti, M., Ghiyasifar, S. & Jalai, S. (2012). Application of Carboxymethyl Cellulose Based Coatings Containing Oleic Acid and Antimicrobial Compounds for Improving Quality and Extending Shelf-life of Egg. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 8(2), 235-244. (In Farsi)
- Mudannayaka, A.I., Wimangika Rajapaksha, D.S. & Heshan Taraka Kodithuwakku, K.A. (2016). Effect of Beeswax, Gelatin and Aloe vera Gel Coatings on Physical Properties and Shelf Life of Chicken Eggs Stored at Room Temperature. *Journal World Poultry Research*, 6(1): 06-13.
- Myers, R.H. & Montgomery, C. (2002). Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. *Wiley, New York*.
- No, H.K., Meyers, S.P., 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, H.K., Prinyawiwatkul, W. & 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 (6), S377-S382.
- Obanu, Z.A. & 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 Agriculture*, 35:1311-1317.
- Oguzlu, H. & Tihminlioglu, F. (2010). Preparation and barrier properties of chitosan-layered silicate nanocomposite films. *Macromolecular Symposium*, 298, 91-98.
- Olabarrieta I., Gallstedt, M., Ispizua, I., Sarasua, J.-R. & Hedenqvist, M.S. (2006). Properties of aged montmorillonite-wheat gluten composite films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1283-1288.a

- Park, H.M., Li, X., Un, C.Z., Park, C.Y., Cho, W.J. & Ha, C.S. (2002). Preparation and properties of biodegradable thermoplastic starch/clayhybrids. *Macromolecule Materials and Engineering*, 287, 553-558.
- Pereda, M., Dufresne, A., Aranguren, M. I., & Marcovich, N. E. (2014). Polyelectrolyte films based on chitosan/olive oil and reinforced with cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 101(0), 1018-1026.
- Rhim, J.-W., & Ng, P. K. W. (2007). Natural biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 411 – 344.
- Ryu KN, Kim SH, No HK & Prinyawiatkul W. (2009). Effects of storage temperature on quality of eggs coated with chitosan. *Journal of Chitin and Chitosan* 14: 143-148.
- Scott, TA., & Silversides, FG. (2000). The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Science*, 79:1725–1729.
- Senkoylu, N. (2001). Yumurta Teknolojisi in Modern Tavuk Uretimi. Trakya Univ Zirrat Fakültesi. 3. Baski, Tekirdag, Turkey.
- Sorrentino, A., Gorrasi, G., Tortora, M. & Vittoria, V. (2006). Barrier properties of polymer/clay nanocomposites. In: Mai, Y.-W., Yu, Z.-Z. (Eds.), *Polymer Nanocomposites*. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, pp. 273–292.
- Stadelman, W. J. (1995). The preservation of quality in shell eggs. In W. J. Stadelman, & O. J. Cotterill (Eds.), *Egg science and technology* (4th ed.) (pp. 67-79). New York: The Haworth Press.
- 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.
- Tajik H., Alabaf-Yoosofi F. & Moradi M. (2010). Effects of Edible Zein and Chitosan Coating Assimilated by Oregano Essential Oil on the Quality Parameters of Egg. *Journal of Food Research (Agricultural Science)*.20(1), 73-90. (In Farsi)
- Turhan, K.N. & S\_ahbaz, F. (2004). Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. *Journal of Food Engineering* .61(3), 459–466.
- Turhan, K.N., Sahbaz, F. & Güner, A. (2001). A spectrophotometric study of hydrogen bonding in methylcellulose-based edible films plasticized by polyethylene glycol. *Journal of Food Science* .66 (1), 59–62.
- Torrico, D. D., Jirangrat, W., No, H. K., Prinyawiatkul, W., Ge, B. & Ingram, D. (2010). A novel emulsion coating and its effects on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2241-2249.
- Wardy, W., Torrico, D. D., Jirangrat, W., No, H. K., Saalia, F. K. & Prinyawiatkul, W. (2011). Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. *LWT e Food Science and Technology*, 44, 2349e2355.
- Xu, Y., Ren, X. & Hanna, M. A. (2006). Chitosan/claynano composite film preparation and characterization. *Journal Applied Polymer Science*, 99,1684–1691.
- Zivanovic, S., Chi, S. & Draughon, A.F. (2005). Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Journal of Food Science*, 70, 45–51.