

The effect of cold-water egg shell washing on its physicochemical quality during storage in a refrigerator

N. Biglari khoshmaram¹, R. Mahmoudi^{2,3}, P. Ghajar Beygi³ H. Khedmati Morasa¹, H. Ebrahimi¹

¹ Department of Food Safety and Health, School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences

² Medical Microbiology Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

³ Health Products Safety Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Corresponding Address: Razzagh Mahmoudi, Medical Microbiology Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Tel: +98-912-7868571, Email: r.mahmodi@yahoo.com

Received: 3 Oct 2017; Accepted: 5 Dec 2017

*Abstract

Background: Egg shell washing is one of the simplest and least costly methods used today by many people to clean egg shells.

Objective: The effect of egg shell washing on its physicochemical quality was investigated.

Methods: A total of 45 egg samples were collected for physicochemical properties (including white pH, yolk index, weight loss percentage, and albumina height) during storage in the refrigerator (days 1, 5, 10, 15 and 20) before and after wash. The eggs were divided into control group, including unclean eggs, and the groups of washed eggs with cold water or washed eggs with a drop of liquid dishwashing. Each test was performed in three replications. The mean of them was analyzed by one-way ANOVA. Duncan's multi-domain test method was used as a post hoc comparisons at the probability level of $P < 0.05$.

Findings: In control group eggs and treatment groups, pH increased and egg weight, albumina height and yolk index decreased. Among the treatments examined for weight change, the difference between the two methods of washing with cold water and washing with scotch was a significant statistical difference ($P < 0.05$). Albumin height, yolk and Haugh Unit indices had a decrease in all treatments during storage, but no significant difference was observed.

Conclusion: In all the examined eggs, all physicochemical factors were changed. However, no significant physicochemical changes were observed in the physicochemical properties of the no washed eggs as compared to the rinsed eggs.

Keywords: Egg, Health, Washing, Shelf-life, Physicochemical properties

Citation: Biglari khoshmaram N, Mahmoudi R, Ghajar Beygi P, Khedmati Morasa H, Ebrahimi H. The effect of cold-water egg shell washing on its physicochemical quality during storage in a refrigerator. J Qazvin Univ Med Sci 2018; 22(1): 24-30.

تأثیر شستشوی پوسته تخم مرغ با آب سرد بر کیفیت فیزیکی شیمیایی آن طی مدت نگهداری در یخچال

نسیم بیگلری خوش مرام^۱، دکتر رزاق محمودی^{۲،۳}، دکتر پیمان قجریبگی^۳، هاجر خدمتی مرصع^۱، حاتم ابراهیمی^۱

^۱ گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

^۲ مرکز تحقیقات میکروب شناسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

^۳ مرکز تحقیقات ایمنی محصولات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

آدرس نویسنده مسؤل: قزوین، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، مرکز تحقیقات میکروب‌شناسی پزشکی، تلفن: ۰۹۱۲۷۸۶۸۵۷۱
تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۴

*چکیده

زمینه: شستشوی پوسته تخم مرغ روشی ساده و کم هزینه بوده و توسط بسیاری از افراد جهت تمیز کردن پوسته تخم مرغ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هدف: تأثیر شستشوی پوسته تخم مرغ بر کیفیت فیزیکی شیمیایی آن بررسی شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۴۵ نمونه تخم مرغ از لحاظ میزان pH سفیده، شاخص زرده، درصد کاهش وزن و ارتفاع آلومین طی مدت زمان نگهداری در یخچال (روزهای ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) بررسی شدند. تخم مرغ‌ها به سه گروه؛ شاهد شامل تخم مرغ‌های شسته نشده و گروه آزمایش تخم مرغ‌های شستشو شده با آب سرد و تخم مرغ‌های شستشو شده با اسکاچ همراه با یک قطره مایع ظرفشویی تقسیم شدند. هر یک از آزمایش‌ها (شامل اندازه‌گیری pH سفیده، شاخص زرده، درصد کاهش وزن و ارتفاع آلومین) در سه تکرار انجام و میانگین آن‌ها به روش تحلیل واریانس یک طرفه تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P < 0.05$ انجام شد.

یافته‌ها: در همه تخم مرغ‌ها، pH افزایش و وزن، ارتفاع آلومین و شاخص زرده کاهش یافتند. در خصوص تغییر وزن، بین روش شستشو با آب سرد و شستشو با اسکاچ اختلاف آماری معناداری وجود داشت ($P < 0.05$). ارتفاع آلومین، شاخص زرده و شاخص HU (Haugh Unit) در تمام تیمارها طی مدت نگهداری روند نزولی داشتند اما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: در تمامی تخم مرغ‌های مورد بررسی کلیه عوامل فیزیکی شیمیایی تغییر کردند اما تغییرات فیزیکی شیمیایی محسوس در خواص فیزیکی شیمیایی تخم مرغ‌های شستشو شده نسبت به تخم مرغ‌های شستشو نشده مشاهده نشد.

کلیدواژه‌ها: تخم مرغ، بهداشت، شستشو، ماندگاری، تغییرات شیمیایی

*مقدمه

است. (۲۰۱۰)^(۱) در سال ۲۰۱۰ اعلام گردید که تخم مرغ یکی از ۱۰ غذای دارای خطر برای انتقال بیماری می‌باشد. (۳)
تخم مرغ با داشتن ۷ گرم پروتئین، ۷۲ کیلوکالری انرژی و ارزش بیولوژیک ۹۶/۵ درصد بالاترین جذب پروتئینی در بین مواد غذایی را به خود اختصاص داده و یکی از کامل‌ترین و ارزان‌ترین منابع غذایی پروتئینی می‌باشد به همین دلیل شاهد کیفیت و حفظ تازگی آن حائز اهمیت

هر ساله در کشورهای توسعه یافته بیش از یک سوم افراد به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی گرفتار می‌شوند و در کشورهای در حال توسعه میزان مرگ و میر ناشی از این مسئله سالانه حدود ۲/۲ میلیون نفر گزارش شده است. با توجه به این مسئله و نیز ماهیت بین‌المللی اهمیت روزافزون غذا در سال‌های اخیر توجه ارگان‌های مسؤل به ایمنی غذا و تضمین کیفیت آن معطوف شده

است، (۵۴)

کاهش کم‌تر وزن می‌شود. (۱۲، ۱۱) شاخص زرده از شاخص‌های تعیین کیفیت و تازگی تخم مرغ و ۰/۴۵ معرف کیفیت مناسب تخم مرغ می‌باشد و کاهش آن نشان‌دهنده تضعیف غشای ویتلینی زرده و آبکی شدن آن ناشی از انتشار آب از آلبومین است. (۱۳، ۸، ۶)

از pH آلبومین می‌توان به‌عنوان معیاری برای کیفیت تخم مرغ استفاده کرد. (۱۴) آلبومین تخم مرغ تازه دارای ۰/۵ درصد CO_2 است که در طی مدت نگهداری کاهش پیدا می‌کند. خروج CO_2 از تخم مرغ منجر به افزایش pH به حدود ۹/۵ تا ۹/۶ و آبکی شدن آلبومین می‌شود. (۱۵) فساد از طریق پوسته تخم مرغ زمانی پیشرفت می‌کند که پوسته حاوی ترک خوردگی بوده یا پوسته را با یک وسیله زبر مالش دهند و یا این‌که شستشو و روش نگهداری تخم مرغ نامناسب باشد. (۶) طبقه‌بندی کیفیت داخلی تخم مرغ از زمان تخم‌گذاری تا هنگام مصرف آن متغیر است. اگر تخم مرغ‌ها در شرایط مناسب نگهداری شوند این تغییرات اندک است و براساس کیفیت داخلی، تخم مرغ به سه درجه AA، A، B و C تقسیم‌بندی می‌شود. این کیفیت براساس نوربینی و استفاده از چارت و شاخص HU پس از شکستن تخم مرغ تعیین می‌شود. (۱۶)

روش‌های مختلفی جهت نگهداری تخم مرغ‌ها در صنعت مانند؛ استفاده از پرتودهی، پوشش‌های خوراکی، نگهداری در سرما و غیره ارایه شده است. براساس مطالعات انجام شده، روش‌هایی که برای افزایش مدت زمان نگهداری و بهبود کیفیت میکروبی تخم مرغ به‌کار رفته‌اند مانند؛ روش‌های اشعه‌دهی، پوشش‌دهی و ویژگی‌های محل ذخیره‌سازی همگی پُر هزینه و زمان‌بر بودند. (۶-۸) با توجه به این‌که شستشوی پوسته تخم مرغ یکی از روش‌های ساده و کم هزینه بوده و امروزه توسط بسیاری از افراد جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنابراین در این مطالعه تأثیر شستشوی پوسته تخم مرغ بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آن طی مدت نگهداری ۲۰ روزه در یخچال برای مصارف خانگی مورد ارزیابی قرار گرفت.

تخم مرغ به‌دلیل دارا بودن مقدار متناسبی از پروتئین‌ها با اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی، ارزش غذایی ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که پروتئین سفیده تخم مرغ به منزله یک پروتئین کامل در نظر گرفته شده و ارزش زیستی سایر پروتئین‌ها نسبت به آن سنجش می‌شود. (۳-۱) در طول دوره نگهداری تخم مرغ به‌دلیل خروج گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب از طریق منافذ موجود در پوسته، تغییرات نامطلوبی در تخم مرغ به‌وجود می‌آید. (۶) همچنین در طول مدت نگهداری، تغییرات مختلفی از قبیل؛ تبخیر آب، رقیق شدن آلبومین، کاهش وزن، افزایش pH آلبومین و آلودگی میکروبی در تخم مرغ اتفاق می‌افتد که سبب افت خواص فیزیکی، حسی و ایمنی آن می‌شود. (۵)

دلیل اصلی این تغییرات، افزایش تبادل گازها (به‌طور عمده دی‌اکسید کربن) و رطوبت از طریق منافذ پوسته است. (۷-۴) شاخص HU (Haugh Unit) پارامتری است که معرف ارتباط بین وزن تخم مرغ و ارتفاع آلبومین و معیاری جهت سنجیدن کیفیت آلبومین تخم مرغ است به‌طوری‌که هرچه HU بیش‌تر باشد، کیفیت آلبومین بیش‌تر است. (۷) محدوده شاخص HU از ۲۰ برای آلبومین یا سفیده با کیفیت نامناسب تا ۱۰۰ برای سفیده با کیفیت مرغوب متغیر است. خروج گاز CO_2 طی نگهداری تخم مرغ باعث افزایش pH آلبومین و در نتیجه شکسته شدن پیوندهای کمپلکس لیزوزیم-اووموسیون می‌شود که در نهایت به آبکی شدن، کاهش ویسکوزیته و کاهش شاخص‌ها می‌انجامد. (۸)

درصد کاهش وزن یکی از آسان‌ترین روش‌های ارزیابی ماندگاری تخم مرغ است و با افزایش طول دوره نگهداری تخم مرغ رابطه مستقیم دارد. (۹-۱۰) کاهش وزن و تبخیر آب، فرایندی کاملاً وابسته به شرایط محیط نگهداری مانند؛ دما، رطوبت و میزان تهویه محل نگهداری تخم مرغ است. نگهداری تخم مرغ در دماهای پایین و شرایط یخچال باعث کاهش تبخیر آب و در نهایت

*** مواد و روش‌ها:**

در این مطالعه، تعداد ۴۵ نمونه تخم مرغ با پوسته سفید رنگ و با نام برند "مرغ تک" تهیه و به آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین منتقل شد. در ادامه تخم مرغ‌ها به دو گروه شاهد و تیمار تقسیم‌بندی شدند. گروه شاهد شامل تخم مرغ‌های شسته نشده و گروه تیمار شامل تخم مرغ‌های شسته شده با آب سرد و تخم مرغ‌های شسته شده با آب سرد همراه با یک قطره مایع ظرفشویی و اسکاچ بود. لازم به ذکر است که دمای آبی که برای شستشوی تخم مرغ‌ها استفاده شد ۲۳ درجه سانتی‌گراد بود. در نمونه‌های گروه شاهد و تیمار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تخم مرغ شامل: pH سفیده، شاخص زرده، درصد کاهش وزن و ارتفاع آلبومین طی مدت زمان نگهداری در یخچال (روزهای ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری شاخص HU، ارتفاع ضخیم‌ترین بخش آلبومین به وسیله کولیس تعیین و عدد به دست آمده جهت تعیین شاخص HU در رابطه زیر قرار داده شد.^(۱۵)

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

در این معادله W معرف وزن تخم مرغ برحسب گرم و H نیز نشان‌دهنده ارتفاع آلبومین برحسب میلی‌متر می‌باشد. بعد از محاسبه این شاخص‌ها، تخم مرغ‌ها به صورت زیر درجه‌بندی شدند:

درجه HU=AA بیش‌تر از ۷۲، درجه HU=A بین ۷۱ تا ۶۰، درجه HU=B بین ۵۹ تا ۳۱ و درجه HU=C کم‌تر از ۳۰.

برای اندازه‌گیری وزن تخم مرغ‌ها از ترازوی دیجیتال (مدل Sartorius) استفاده و میزان کاهش وزن نمونه‌ها برحسب درصد براساس رابطه زیر تعیین گردید.^(۱۵)

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1 وزن اولیه تخم مرغ و W2 وزن تخم مرغ در روز مورد نظر است.

به منظور محاسبه شاخص زرده از یک کولیس دیجیتالی برای اندازه‌گیری ارتفاع و عرض زرده استفاده و اعداد حاصل برای ارتفاع و عرض زرده در معادله زیر قرار داده شد.^(۱۷)

$$\text{شاخص زرده} = \frac{H}{W} \times 100$$

که در این معادله H ارتفاع و W عرض زرده است. برای ارزیابی pH تخم مرغ تنها از سفیده آن استفاده می‌گردد. بدین صورت که پس از جداسازی کامل زرده از سفیده تخم مرغ، pH سفیده جدا شده توسط pH متر دیجیتالی (مدل Behineh 2000) محاسبه شد.^(۶)

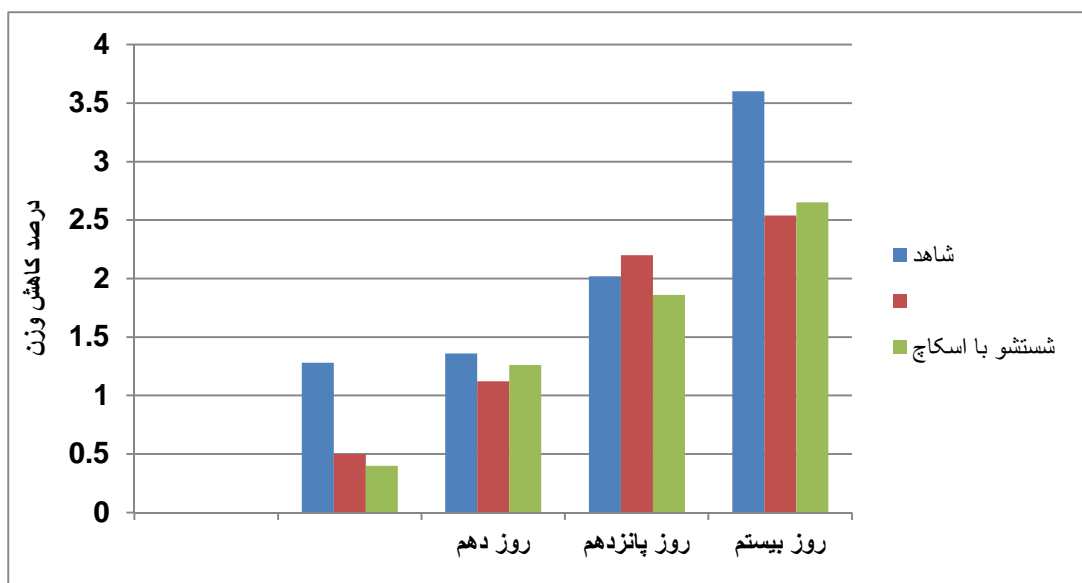
هر یک از آزمون‌ها در سه تکرار انجام و میانگین آن‌ها به روش تحلیل واریانس یک طرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۹ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $P < 0.05$ استفاده شد.

*** یافته‌ها:**

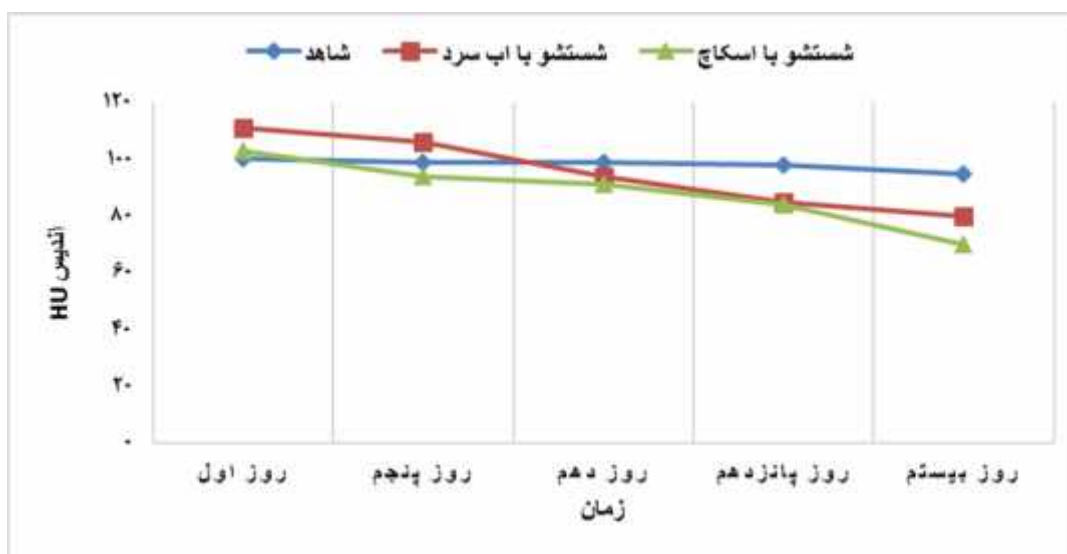
طی روزهای مطالعه در تخم مرغ‌های گروه شاهد و تیمار، pH افزایش و ارتفاع آلبومین و شاخص زرده کاهش یافتند اما اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و گروه‌های تیمار مشاهده نشد. همچنین در این مدت، وزن در تمامی تخم مرغ‌ها کاهش یافت. با افزایش روزهای نگهداری در یخچال، درصد کاهش وزن در تمامی تیمارها افزایش یافت به طوری که در بین تیمارهای بررسی شده در خصوص تغییر وزن، مابین روش شستشو با آب سرد و شستشو با اسکاچ اختلاف آماری معناداری وجود داشت ($P < 0.05$) (نمودار شماره ۱).

همچنین pH در طی دوره نگهداری تخم مرغ‌ها در تمامی تیمارها افزایش یافت، اما اختلاف معناداری در بین تیمارهای مختلف از نظر افزایش pH آلبومین مشاهده نشد. با گذشت زمان در تمامی تیمارها میزان ارتفاع آلبومین و وزن تخم مرغ‌ها و در نتیجه میزان شاخص HU کاهش یافت (نمودار شماره ۲).

نمودار ۱- درصد کاهش وزن تیمارهای سه گانه گروه‌های مورد مطالعه طی ۲۰ روز نگهداری در یخچال



نمودار ۲- میزان شاخص HU تیمارهای سه گانه گروه‌های مورد مطالعه طی ۲۰ روز نگهداری در یخچال



*بحث و نتیجه‌گیری:

و از دست دادن گاز دی‌اکسید کربن از طریق منافذی که در سطح پوسته قرار دارند، کاهش می‌یابد. (۱۰۹) pH آلبومین تخم مرغ‌ها با گذشت زمان افزایش پیدا کرد که این تغییر با مطالعات اسکات و همکاران، کانر و همکاران و محمدی و همکاران مطابقت داشت. (۱۴۷) (۱۴۷)

طی مطالعه حاضر با گذشت زمان و طی مدت زمان نگهداری تخم مرغ‌ها در یخچال، اُفت وزنی در تمامی تخم مرغ‌ها مشاهده شد. اُفت وزنی تخم مرغ‌ها با نتایج مطالعات باهل، رحیم، کارویی و محمدی و همکارانشان همخوانی داشت. (۱۲) (۱۱۹) (۱۲) و (۱۱۹) وزن تخم مرغ به علت تبخیر آب

در دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد. بدین‌وسیله از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت و کلیه عزیزی که در این تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

*مراجع:

1. Klaassen CD, Watkins JB. Casarett & Doull's essentials of toxicology: McGraw Hill Professional. 2015; p12.
2. Lee S, Kim YY, Lee Y, An G. Rice P1B-type heavy-metal ATPase, OsHMA9, is a metal efflux protein. *Plant Physiol* 2007; 145(3): 831-42. doi: 10.1104/pp.107.102236.
3. Swallow W, Lake R, Whyte R. Risk profile: Salmonella (Non Typhoidal) in and on eggs. ACRI, New Z. 2004.
4. Pirhajati Mahabadi R, Tabibi M, Yaghoubi S, Bakhtiarizadeh F, Mousavi N. Investigation of antibiotic resistance in bacteria isolated from the contents and shell of industrial eggs in Qom city, Iran. *J Qom Univ Med Sci* 2016; 9(11): 69-75. [In Persian]
5. Caner C, Cansiz Ö. Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality. *J Sci Food Agr* 2008; 88(1): 56-61. doi: 10.1002/jsfa.2962.
6. Mohammadi SH, Ghanbarzadeh B, Sooti M, Ghiasi far SH, Galali H. Application of active carboxymethylcellulose-based active coatings containing oleic acid and antimicrobial compounds to improve the quality and increase the shelf life of eggs. *Iranian Food Sci Tech Res J* 2012; 8(2): 235-44.
7. Caner C. Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *J Sci Food Agr* 2005; 85(13): 2143-8. doi: 10.1002/jsfa.2225.
8. No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W,

خروج گاز دی‌اکسید کربن طی نگهداری موجب افزایش pH آلبومین و شکسته شدن پیوندهای کمپلکس لیزوزیم- اووموسیون می‌شود که در نهایت موجب آبکی شدن آلبومین، کاهش ویسکوزیته و کاهش شاخص HU می‌گردد.^(۸) در مطالعه حاضر میزان شاخص زرده که از شاخص‌های سنجش کیفیت تخم مرغ می‌باشد، کاهش یافت که با مطالعات نو و همکاران و محمدی و همکاران همخوانی داشت.^(۹۶) کاهش این شاخص نشان از تضعیف غشای ویتلینی زرده و آبکی شدن آن ناشی از انتشار آب از آلبومین می‌باشد.^(۱۳۹)

نتایج حاصل از این مطالعه نشان‌گر این بود که در طی مدت زمان نگهداری در یخچال (روزهای ۱، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) در تمامی تخم مرغ‌های مورد بررسی (گروه شاهد شامل تخم مرغ‌های شسته نشده و گروه تیمار شامل تخم مرغ‌های شستشو شده با آب سرد و تخم مرغ‌های شستشو شده با اسکاچ همراه با یک قطره مایع ظرفشویی) تمامی فاکتورهای فیزیکی شیمیایی تخم مرغ تغییر پیدا کردند. در همه گروه‌ها pH سفیده افزایش یافت و میزان شاخص زرده، وزن تخم مرغ، ارتفاع آلبومین و شاخص HU روند نزولی پیدا کردند. در بین تیمارهای بررسی شده، فقط در خصوص تغییر وزن، مابین روش شستشو با آب سرد و شستشو با اسکاچ اختلاف آماری معناداری وجود داشت. بنابراین روش شستشو با آب به‌عنوان یک روش ساده و کم هزینه می‌تواند در بهبود کیفیت بهداشتی تخم مرغ و تمیزی پوسته آن به‌کار رود. این مطالعه می‌تواند با تعداد نمونه تخم مرغ بیش‌تر مجدداً انجام شود. همچنین می‌توان در زمان‌بندی و روزهای در نظر گرفته شده جهت بررسی پارامترهای فیزیکی شیمیایی تخم مرغ‌ها، تجدیدنظر کرد و علاوه بر پارامترهای ذکر شده، اندازه‌گیری سایر پارامترها نیز می‌تواند توسط سایر محققین انجام شود.

*سپاس‌گزاری:

مقاله حاضر حاصل طرح دانشجویی با کد ۴۴/۳۷۴۳۴/د

- Xu Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *J Food Sci* 2007; 72(5): R87-100. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x.
9. Bhale S, No HK, Prinyawiwatkul W, Farr AJ, Nadarajah K, Meyers SP. Chitosan coating improves shelf life of eggs. *J Food Sci* 2003; 68(7): 2378-83. doi: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05776.x.
10. Wong Y, Herald T, Hachmeister K. Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Sci* 1996; 75(3): 417-22.
11. Karoui R, Nicolai B, De Baerdemaeker J. Monitoring the egg freshness during storage under modified atmosphere by fluorescence spectroscopy. *J Food Bio Tech* 2008; 1(4): 346-56.
12. Rhim JW, Weller CL, Gennadios A. Effects of soy protein coating on shell strength and quality of shell eggs. *J Food Sci Biotech* 2004; 13(4): 455-9.
13. Obanu ZA, Mpieri AA. Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. *J Sci Food Agr* 1984; 35(12): 1311-7. doi: 10.1002/jsfa.2740351207.
14. Scott TA, Silversides FG. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Sci* 2000; 79(12): 1725-9.
15. Caner C. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *J Sci Food Agr* 2005; 85(11): 1897-902. doi: 10.1002/jsfa.2185.
16. Hossini SV, Abedini MR, Asgari JG. The effect of marketing methods on egg quality in tehran. *J Animal Environ* 2010; 1(5): 45-54
17. Stadelman, WJ. The preservation of quality in shell eggs. In: Stadelman WJ, Cot Terill OJ, editors. *Egg Sci Tech*. 4th ed. Westport, Conn: AVI Publishing; 1995. 67-79.