Animal Production Research

Vol. 12, No. 4, 2023 (23-35)
doi: 10.22124/AR.2023.24866.1774
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of protein coating of hydrolyzed feather on internal quality of eggs during storage period

H. Mirzaie[1], L. Darabi[2], M. A. Karimi Torshizi[3*]

1. Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
2. Ph.D. Student, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: 01-07-2023 – Revised: 04-11-2023 – Accepted: 06-11-2023)

Introduction: Egg is one of the most valuable food items in the human diet. Several factors, such as diseases, bird age, diet, temperature, humidity, transportation, and storage time can affect the quality of eggs. The longer the storage time, the more CO_2 penetrates the eggshell, particularly at room temperature, resulting in decreased internal quality. Eggs are a perishable product and must be stored in the refrigerator from production to consumption. Refrigeration increases production costs and ultimately leads to an increase in the final product price. Currently, there is a growing interest in developing effective methods to preserve the internal quality of eggs. The use of edible coatings after washing the eggs can help preserve the internal quality of the eggs during long-term storage. Edible coatings are an available technology that is currently used to control moisture, gas exchange, and oxidation processes for many products. The use of suitable active and antimicrobial edible films and coatings can potentially reduce the microbial load of egg surfaces, reduce undesirable changes, and increase their shelf life. Proteins are commonly used as film-forming materials. Proteins that have been previously investigated for egg coating development include whey protein isolate or concentrate, zein, and rice protein concentrate. Chicken feathers are a by-product of the poultry industry and are mostly disposed of without any processing, causing severe environmental pollution. To date, hydrolyzed feather protein has not been reported as an egg coating, so this study investigated the effect of hydrolyzed feather protein coating at two concentrations on the shelf life of chicken eggs under room temperature storage conditions.

Materials and methods: In this study, a total of 120 fresh white-shelled eggs were obtained from Hy-Line W36 laying hens. The eggshells were washed to remove any surface contamination, then the eggs were numbered and randomly selected for each coating method. The samples were divided into three treatments of 40 eggs each treatment in a completely randomized design. The treatments included control (0%, without coating), a coating containing 10% (w/v) hydrolyzed feather, and a coating containing 20% hydrolyzed feather. Pure glycerol (Serva, Germany) was added to hydrolyzed feathers (2% w/v). The feather hydrolyzed protein was prepared at Tarbiat Modares University using alkaline hydrolyzed raw chicken feathers obtained from a commercial broiler slaughterhouse (Iran Borchin, Tehran). The chemical analysis of hydrolyzed feather protein was performed based on standard methods (dry matter, protein, ash, and fat), and the amino acid profile of the protein was also tested. Some nutritional or toxic important minerals were also measured. Egg weight, Haugh units, albumen weight, yolk weight, yolk color, albumen pH, yolk pH, and shell strength were measured during storage weeks 0, 1, 2, 3, and 4.

Results and discussion: According to the data of this study, the height of the egg white and Haugh units in the stored eggs were significantly affected by the experimental coatings (P<0.05). The height of the egg white and Haugh units were significantly higher in the treatment with 20% hydrolyzed protein coating compared to other treatments (P<0.05). The yellowness of the egg yolk was significantly affected by the experimental coatings in

* Corresponding author: karimitm@modares.ac.ir

the third week (P<0.05). The highest egg quality score was observed in the first and third weeks in eggs with 20% hydrolyzed feather protein coating (P<0.05). The eggshell characteristics were not affected by the experimental coatings. The egg white and yolk percentages were not affected by the experimental coatings. The pH of the egg white in the first and third weeks decreased significantly in eggs with 20% hydrolyzed feather protein coating compared to other treatments (P<0.05). The pH of the yolk was not affected by the experimental treatments. The pH in both the yolk and egg white increased over time. Eggs with coating had significantly less weight loss compared to uncoated eggs (P<0.05). The lowest weight loss was related to eggs with 10% and 20% hydrolyzed feather protein coating, which had a significant difference with uncoated eggs (P<0.05). The weight loss after seven days of storage in uncoated eggs (2.12%) was almost double the weight loss in coated eggs (1.16%). The weight loss after 14 days of storage at room temperature in uncoated eggs (4.21%) was almost double the weight loss in coated eggs (2.35%). The weight loss after 21 days of storage at room temperature in uncoated eggs (6.8%) was almost double the weight loss in coated eggs (3.35%). The weight loss after 28 days of storage at room temperature in uncoated eggs (8.27%) was almost double the weight loss in coated eggs (4.80%). Based on the results of this study, it was found that the use of hydrolyzed feather protein coating can improve the internal quality of eggs during the storage period. For future research, it is recommended to conduct further studies on the effect of hydrolyzed feather protein coating on the quality characteristics of eggs during storage. Previous studies have been conducted on improving the internal quality of eggs during storage using protein coatings with different hydrolysis. Some of these studies have shown that protein coating with hydrolysis can significantly improve the quality characteristics of eggs. Additionally, some studies have been conducted on the effect of protein coating using different proteins such as rice protein, meat protein, whey protein isolated, or whey protein concentrate and zein.

Conclusions: There was no significant difference in weight loss between 10% and 20% hydrolyzed feather protein coverage in different weeks, but the 10% hydrolyzed feather protein coverage provided better protection against weight loss. Since weight loss is mainly due to eggshell water evaporation, it was observed that despite being thinner, the 10% hydrolyzed feather protein coverage provided better protection compared to the 20% hydrolyzed feather protein coverage. Therefore, the use of coverages during egg storage can increase shelf life while maintaining egg quality.

Keywords: Hydrolyzed feather, Protein coating, Egg, Storage period

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Acknowledgments: The authors thank the Tarbiat Modares University for supporting this study. The manager of Iran Borchin slaughterhouse is also thanked for his collaboration in this study.

How to cite this article:

Mirzaie, H., Darabi, L., & Karimi Torshizi, M. A. (2023). Effect of protein coating of hydrolyzed feather on internal quality of eggs during storage at room temperature. *Animal Production Research*, *12*(4), 23-35. doi: 10.22124/AR.2023.24866.1774

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره چهارم/زمستان ۱۴۰۲ (۳۵-۲۳)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده بر کیفیت داخلی تخم‌مرغ طی دوره نگهداری

حدیث میرزایی[۱]، لیلی دارابی[۲]، محمد امیر کریمی ترشیزی[۳]*

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- دانشجوی دکتری، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار، گروه پرورش و مدیریت طیور، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۵)

چکیده

تأثیر پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده بر کیفیت داخلی تخم‌مرغ در طول دوره نگهداری به مدت چهار هفته و در دمای اتاق بررسی شد. صد و بیست عدد تخم‌مرغ از سویه Hy-Line W36 در قالب طرح کاملاً تصادفی به سه تیمار اختصاص داده شدند. تخم‌مرغ‌ها شماره‌گذاری شده و برای هر تیمار، ۴۰ عدد تخم بر اساس وزن به‌صورت صعودی در دسته‌های سه‌تایی مرتب شدند. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون پوشش)، پوشش پروتئینی حاوی ۱۰ درصد پر هیدرولیز شده (وزنی/ حجمی) و پوشش پروتئینی حاوی ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده بودند. صفات کیفی شامل وزن تخم‌مرغ، واحد هاو، وزن سفیده، وزن زرده، رنگ زرده، pH سفیده، pH زرده، استحکام پوسته، در هشت تخم‌مرغ از هر تیمار در نمونه تازه و نمونه‌های پس از یک، دو، سه و چهار هفته نگهداری اندازه‌گیری شدند. نتایج این آزمایش نشان داد که ارتفاع سفیده و واحد هاو در گروه دارای پوشش ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده نسبت به سایر گروه‌ها در تمام طول دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($P<۰/۰۵$). درجه کیفی تخم‌مرغ و pH سفیده به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین میزان در گروه دارای پوشش ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده طی هفته‌های اول و سوم بودند ($P<۰/۰۵$). کمترین درصد افت وزن در طول آزمایش مربوط به تخم‌مرغ‌های دارای پوشش ۱۰ درصد پر هیدرولیز شده بود ($P<۰/۰۵$). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که استفاده از پوشش‌ها در طول دوره نگهداری تخم‌مرغ می‌تواند سبب افزایش ماندگاری با حفظ کیفیت تخم‌مرغ شود.

واژه‌های کلیدی: پر هیدرولیز شده، پوشش پروتئینی، تخم‌مرغ، دوره نگهداری

* نویسندهٔ مسئول: karimitm@modares.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2023.24866.1774

مقدمه

تخم‌مرغ یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی در رژیم غذایی انسان است که به دلیل خواص چند منظوره آن به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی استفاده می‌شود (Lesnierowski and Stangierski, 2018). عوامل متعددی از جمله بیماری‌ها، سن پرنده، جیره غذایی، دما، رطوبت، حمل و نقل و مدت زمان نگهداری می‌توانند بر کیفیت تخم‌مرغ تأثیر بگذارند. هر چه زمان نگهداری طولانی‌تر باشد، به دلیل نفوذ بیشتر CO_2 در پوسته تخم‌مرغ، به‌خصوص در دمای اتاق، کیفیت داخلی آن کاهش می‌یابد. تخم‌مرغ محصولی فاسد شدنی است، بنابراین باید از زمان تولید تا مصرف در یخچال نگهداری شود. سرد کردن (نگهداری در یخچال) منجر به افزایش هزینه‌های تولید می‌شود که به نوبه خود منجر به افزایش قیمت محصول نهایی می‌شود. در حال حاضر، علاقه فزاینده‌ای به توسعه روش‌های مؤثر برای حفظ کیفیت داخلی تخم‌مرغ وجود دارد. استفاده از پوشش‌ها پس از شستشوی تخم‌مرغ می‌تواند به حفظ کیفیت داخلی تخم‌مرغ طی نگهداری طولانی‌مدت کمک کند (Almeida *et al*., 2016). پوشش‌های خوراکی، یک فناوری در دسترس هستند که در حال حاضر برای کنترل رطوبت، تبادل گازها و فرآیندهای اکسیداسیون برای بسیاری از محصولات اعمال می‌شوند (Dhall, 2013). استفاده از پوشش‌ها همچنین می‌تواند پوسته تخم‌مرغ را درخشان‌تر کند. ظاهر بصری یکی از عوامل اصلی است که مصرف‌کنندگان هنگام تصمیم‌گیری در مورد خرید یا عدم خرید محصولات تخم‌مرغ در نظر می‌گیرند (Caner, 2005). برخی مطالعات بهبودهایی را در حفظ کیفیت داخلی و کاهش شکستن پوسته تخم‌مرغ پس از پوشش‌دهی گزارش کرده‌اند (Caner, 2005; Caner and Cansiz, 2008). کاهش ترک خوردن تخم‌مرغ یک عامل مهم است، زیرا افزایش مقاومت پوسته به‌طور بالقوه باعث کاهش تعداد تخم‌مرغ‌های ترک خورده و صرفه‌جویی قابل توجهی برای صنعت می‌شود (Caner and Yuceer, 2015). استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی فعال و ضد میکروب مناسب می‌تواند به‌صورت بالقوه موجب کاهش بار میکروبی سطح تخم‌مرغ، کاهش تغییرات نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری آن شود. پروتئین‌ها معمولاً به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده فیلم استفاده می‌شوند (Han, 2014). پروتئین‌هایی که قبلاً برای توسعه پوشش تخم‌مرغ مورد بررسی قرار گرفته‌اند شامل پروتئین آب پنیر ایزوله یا کنسانتره پروتئین آب پنیر، زئین (Caner and Yuceer, 2015) و کنسانتره پروتئین برنج (Pires *et al*., 2019) می‌هستند. در تهیه فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی، اغلب یک نرم‌کننده برای ایجاد انعطاف‌پذیری استفاده می‌شود (Wan *et al.,* 2005). پرهای مرغ، محصول جانبی صنعت طیور است و بعضاً بدون هیچ‌گونه پیش-فراوری دور ریخته می‌شوند و باعث آلودگی شدید محیطی می‌شوند (Moore *et al*., 2006). اجزای اصلی پر مرغ، پروتئین (۹۱٪)، لیپیدها (۱٪) و آب (۸٪) هستند (Kock, 2006). بخش پروتئینی پر مرغ عمدتاً از یک پروتئین ساختاری به نام کراتین تشکیل شده است (Schrooyen *et al*., 2001). به‌طور کلی، فیلم‌های پروتئین پر مرغ بسیار شکننده هستند و برای افزایش استحکام و انعطاف‌پذیری فیلم به یک نرم‌کننده نیاز است (Kim *et al*., 2006). کاربرد پر مرغ فراوری شده به عنوان یک پوشش برای مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است (Goda *et al*., 2022). در یک مطالعه گزارش شده است که استفاده از نرم‌کننده‌ها در تهیه فیلم‌های پروتئین پر مرغ منجر به بهبود خواص مکانیکی فیلم شد (Song *et al*., 2013). نرم‌کننده‌هایی مانند گلیسرول، سوربیتول و پلی‌اتیلن گلیکول به دلیل توانایی آن‌ها در کاهش شکنندگی فیلم معمولاً در فرمولاسیون پوشش‌ها استفاده می‌شوند (García *et al*., 1998). اخیراً استفاده از پروتئین پر هیدرولیز شده با قلیا در جیره غذایی پرندگان مورد توجه قرار گرفته است (Atabak *et al*., 2021; Khodaparast *et al*., 2021; Afshar *et al*., 2023). تاکنون در مورد استفاده از پروتئین پر هیدرولیز شده به عنوان پوشش تخم‌مرغ، گزارشی منتشر نشده است. بنابراین این تحقیق، تأثیر پوشش پروتئین پر هیدرولیز شده را در دو غلظت بر ماندگاری تخم‌مرغ خوراکی در شرایط نگهداری در دمای اتاق بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، تعداد ۱۲۰ عدد تخم‌مرغ پوسته سفید تازه با وزن ۱/۵۰±۵۹/۵۰ گرم از مرغ‌های سویه Hy-Line W36 از یک تولیدکننده تهیه شد. پوسته تخم‌مرغ‌ها شسته شدند تا آلودگی‌ها از سطح پوسته پاک شوند. سپس، تخم‌مرغ‌ها شماره‌گذاری شده و بر اساس وزن به‌صورت

صعودی در دسته‌های سه تایی (۴۰ دسته) مرتب شدند. سه تیمار آزمایشی شامل تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با پوشش پروتئینی پر هیدرولیزشده ۱۰٪ (W/V)، پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰٪ (W/V) و بدون پوشش (شاهد) به‌طور تصادفی به یکی از تخم‌مرغ‌های درون هر دسته اختصاص داده شد. چهل عدد تخم‌مرغ در هر گروه تقسیم شدند. گلیسیرین خالص (Serva, Germany) به‌عنوان نرم‌کننده به میزان دو درصد (W/V) به مایع پوشش‌ها افزوده شد. پروتئین پر هیدرولیز شده در دانشگاه تربیت مدرس و با استفاده از هیدرولیز قلیایی پر خام تهیه شده از کشتارگاه جوجه گوشتی (ایران بورچین، تهران) تهیه شد. تجزیه شیمیایی پروتئین پر هیدرولیز شده بر اساس روش‌های استاندارد (ماده خشک، پروتئین، خاکستر و چربی) انجام شد. پروفیل اسیدهای آمینه پروتئین نیز مورد آزمایش قرار گرفت. برخی مواد معدنی مهم از نظر تغذیه‌ای یا سمّی نیز اندازه‌گیری شدند. وزن تخم‌مرغ، واحد هاو، وزن سفیده، وزن زرده، رنگ زرده، pH سفیده، pH زرده، استحکام پوسته در هفته‌های صفر، یک، دو، سه و چهار نگهداری در دمای اتاق روی هشت عدد تخم‌مرغ از هر نوع پوشش اندازه‌گیری شد.

تهیه پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده: محلول‌های پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ و ۲۰ درصد (وزنی/حجمی) با حل کردن پروتئین پر هیدرولیز شده در آب مقطر در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد. سپس، گلیسرول با نسبت دو درصد وزنی به‌عنوان نرم‌کننده اضافه شد. گلیسرول در حالی به محلول اضافه شد که محلول به‌طور مداوم روی یک همزن مغناطیسی در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه هم‌زده شد.

پوشش‌دهی پوسته تخم‌مرغ: پس از شستشو با آب، پوسته تخم‌مرغ‌ها خشک شده و سپس، با استفاده از یک جفت انبر که با دو سطح باریک در کناره تخم‌مرغ‌ها در تماس بود، به مدت یک دقیقه در محلول‌های پوشش‌دهنده غوطه‌ور شدند. پس از خشک شدن در معرض جریان هوا، این عمل دوباره انجام شد تا اطمینان حاصل شود که هر تخم‌مرغ دارای یک پوشش یکنواخت و بدون نارسایی باشد. برای تعیین ضخامت پوشش‌ها، تخم‌مرغ‌ها قبل و بعد از پوشش توزین شدند. پس از پوشش‌دهی، تخم‌مرغ‌ها در دمای اتاق (۲۴±۲ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی ۴۵ درصد به مدت چهار هفته نگهداری شدند.

درصد کاهش وزن تخم‌مرغ: همه نمونه‌های پوشش داده شده، بعد از خشک شدن پوشش سطح آن‌ها، بلافاصله توزین شدند. سپس در هفته‌های متوالی نیز (به مدت چهار هفته)، توزین تخم‌مرغ‌های مورد آزمایش انجام شد و بر اساس رابطه زیر، میزان کاهش وزن نمونه‌ها بر حسب درصد، تعیین شد:

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

که در این رابطه، W_1: وزن اولیه تخم‌مرغ بلافاصله بعد از پوشش‌دهی، W_2: وزن تخم‌مرغ در هفته مورد نظر.

اندازه‌گیری واحد هاو: هر هفته، هشت عدد تخم‌مرغ از هر تیمار با استفاده از دستگاه تجزیه تخم‌مرغ (Egg Multi Tester (EMT-5200), Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد. این دستگاه، میانگین ارتفاع آلبومین تخم‌مرغ را با استفاده از پژواک فراصوت اندازه‌گیری می‌کند. برای اندازه‌گیری کیفیت سفیده تخم‌مرغ، ارتفاع سفیده به‌عنوان معیاری از توانایی حفظ ویسکوزیته آن اندازه‌گیری شد. افزایش سن مرغ و مدت نگهداری تخم‌مرغ بر ارتفاع سفیده تأثیرگذار هستند و باعث آبکی شدن سفیده و کاهش ارتفاع آن می‌شوند. همچنین وزن تخم‌مرغ و اندازه آن بر ارتفاع سفیده مؤثر هستند. بنابراین، برای مقایسه ارتفاع سفیده تخم‌مرغ‌ها باید آن‌ها را بر اساس وزن تصحیح نمود. متداول‌ترین روش اندازه‌گیری کیفیت سفیده تخم‌مرغ، واحد هاو است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (Haugh, 1937):

$$HU = \text{Log}\,[H + 57.7 - (7.1 \times W^{0.37})]$$

که در این رابطه، HU: واحد هاو، H: ارتفاع سفیده برحسب میلی‌متر و W: وزن تخم‌مرغ برحسب گرم است.

درجه‌بندی تخم‌مرغ: اساس درجه‌بندی تخم‌مرغ بر مبنای میزان واحد هاو است و با استفاده از طبقه‌بندی جدول ۱ تعیین می‌شود.

رنگ زرده: با استفاده از دستگاه تجزیه تخم‌مرغ (Egg Multi Tester (EMT-5200), Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد. این دستگاه، رنگ زرده تخم‌مرغ را با استفاده از رنگ‌سنجی الکترونیکی اندازه‌گیری می‌کند.

جدول ۱- درجه‌بندی کیفی تخم‌مرغ بر اساس عدد هاو
Table 1. Egg quality grades based on Haugh unit value

Haugh unit	Egg quality grade
> 72	AA
60-71	A
31-59	B
< 30	C

اندازه‌گیری pH پس از شکستن تخم‌مرغ‌ها، سفیده و زرده جدا شده به مدت ۲۰ ثانیه با استفاده از همزن، همگن شدند و سپس، pH زرده و سفیده با استفاده از pHمتر دیجیتال کالیبره اندازه‌گیری شد.

استحکام پوسته: برای تعیین مقاومت پوسته از دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری مقاومت پوسته Digital Egg Shell Force Gauge (model-II) استفاده شد. دستگاه میزان نیروی وارد شده برای شکستن پوسته را برحسب کیلوگرم نشان می‌دهد.

تجزیه آماری: داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (2003) تجزیه شدند و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی پروتئین پر هیدرولیز شده در جدول ۲ گزارش شده است. درصد نیتروژن این فرآورده، ۱۲/۴۲ درصد است که معادل ۷۷/۶ درصد پروتئین خام است. همچنین، تجزیه برخی مواد معدنی و فلزات سنگین در جدول ۳ گزارش شده است. سطح عناصری مانند کادمیوم، سرب و آرسنیک از حدود مجاز پایین‌تر است و بنابراین مصرف پروتئین پر هیدرولیزشده از نظر عناصر مضر و سمّی مورد آزمایش مخاطره‌آمیز نیست.

واحد هاو و ارتفاع سفیده: تأثیر پوشش‌های آزمایشی بر ارتفاع سفیده و واحد هاو در تخم‌مرغ‌های نگهداری شده در زمان‌های گوناگون در جدول ۴ نشان داده شده است. ارتفاع سفیده و واحد هاو در تخم‌های نگهداری شده تحت تأثیر معنی‌دار پوشش‌های آزمایشی قرار گرفتند ($P<۰/۰۵$). ارتفاع سفیده و واحد هاو در گروه دارای پوشش پروتئینی ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده نسبت به سایر گروه‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($P<۰/۰۵$).

از واحد هاو به‌عنوان یکی از شاخص‌های تازگی تخم‌مرغ استفاده می‌شود. تغییرات شیمیایی طی نگهداری در سفیده اتفاق می‌افتد، مثلاً پروتئین اوومیوسین به آلفا- و بتا-اوومیوسین تفکیک می‌شود و اووآلبومین به اس-اووآلبومین تغییر می‌یابد. این تغییرات منجر به آبکی شدن سفیده و کاهش ارتفاع آن می‌شود و در نتیجه، واحد هاو کاهش می‌یابد.

رنگ زرده و درجه کیفی تخم‌مرغ: نتایج حاصل از تأثیر پوشش‌های آزمایشی بر رنگ زرده و درجه کیفی تخم‌مرغ در جدول ۵ ارائه شده است. رنگ زرده تخم‌مرغ در هفته سوم تحت تأثیر معنی‌دار پوشش‌های آزمایشی قرار گرفت ($P<۰/۰۵$). بالاترین درجه کیفی تخم‌مرغ در هفته‌های اول و سوم در تخم‌مرغ‌های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰ درصد مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۲- ترکیب شیمیایی پروتئین پر هیدرولیزشده (درصد)
Table 2. Chemical composition of hydrolyzed feather protein (%)

Item	Value	Item	Value
Crude protein	77.6	Cysteine	4.70
Ether extract	5.11	Arginine	6.70
Methionine	0.40	Valine	3.60
Lysine	1.77	Leucine	7.60
Threonine	4.00		

جدول ۳- محتوای عناصر و برخی فلزات سنگین در پر خام و هیدرولیز شده (mg/g)
Table 3. Minerals and some heavy-metal content of raw and hydrolyzed feather (mg/g)

Minerals	Copper	Zinc	Cadmium	Lead	Arsenic	Sodium
Raw feather	0.00005	0.0057	< 0.00033	< 0.00033	<0.00033	13.7
Hydrolyzed feather	0.0106	0.0057	< 0.00033	0.058	<0.00033	48.9

خصوصیات پوسته تخم‌مرغ: نتایج حاصل از پوشش‌های آزمایشی بر خصوصیات پوسته تخم‌مرغ در جدول ۶ ارائه شده است. صفات مربوط به پوسته تخم‌مرغ تحت تأثیر پوشش‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). پوسته تخم‌مرغ‌های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰ درصد نسبت به گروه دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ درصد دارای استحکام بیشتری در هفته دوم بودند ($P>۰/۰۵$).

درصد سفیده و زرده تخم‌مرغ: تأثیر پوشش‌های آزمایشی بر درصد سفیده و زرده تخم‌مرغ در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد درصد سفیده و زرده تخم‌مرغ تحت تأثیر پوشش‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>۰/۰۵$). بیشترین درصد سفیده و کم‌ترین درصد زرده در روز اول در گروه تخم‌مرغ‌های بدون پوشش مشاهده شد. روند تغییرات درصد سفیده به‌صورت نزولی است، در حالی‌که تغییرات درصد زرده با گذشت زمان دارای روند صعودی بود.

pH سفیده و زرده تخم‌مرغ: نتایج حاصل از تأثیر پوشش‌های آزمایشی بر pH سفیده و زرده تخم‌مرغ در جدول ۸ ارائه شده است. pH سفیده در هفته اول و سوم در تخم‌مرغ‌های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیزشده ۲۰ درصد نسبت به سایر گروه‌ها کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). pH زرده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P<۰/۰۵$). با گذشت زمان، pH زرده و سفیده افزایش یافته است. با گذشت زمان pH سفیده به علت از دست دادن CO_2 از راه منافذ پوسته افزایش می‌یابد. در مقایسه با تخم‌مرغ‌های بدون پوشش، پوشش‌های مورد استفاده در این تحقیق با مسدود کردن نسبی منفذ سطح پوسته و ممانعت از خروج آزادانه گاز CO_2، اجازه افزایش pH در سفیده را گرفته‌اند. pH سفیده در سفیده تخم‌مرغ تازه گذاشته شده حدود ۷/۶ است که با نگهداری به حدود ۹/۵ افزایش می‌یابد، ولی با نگهداری طولانی ممکن است اندکی کاهش مشاهده شود. ظرفیت بافری ضعیف سفیده در محدوده pH ۷/۵ تا ۸/۵ باعث می‌شود که طی روزهای اول نگهداری، pH سفیده به سرعت افزایش یابد (Kemps *et al*., 2007).

وزن تخم‌مرغ: نتایج حاصل از تأثیر پوشش‌های آزمایشی بر میزان کاهش وزن تخم‌مرغ طی دوره نگهداری در جدول ۹ نشان داده شده است. تخم‌مرغ‌های دارای پوشش نسبت به تخم‌مرغ‌های بدون پوشش به‌طور معنی‌داری میزان کاهش وزن کمتری داشتند ($P<۰/۰۵$). همان‌طور که در نتایج مشاهده می‌شود، کمترین افت وزن مربوط به تخم‌مرغ‌های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیزشده ۱۰ و ۲۰ درصد است که تفاوت معنی‌داری با تخم‌مرغ‌های بدون پوشش دارند ($P<۰/۰۵$).

در حالی‌که یکی از نقاط ضعف پوشش‌های خوراکی پروتئینی، داشتن ویژگی آب‌دوستی است که کنش‌های سدکنندگی و مکانیکی آن‌ها را محدود می‌کند (Vieira *et al*., 2011) و باعث مقاومت کم در برابر عبور بخار آب می‌شود (Sharaf Eddin *et al*., 2019)، حضور فراوان اسیدهای آمینه آب‌گریزی مانند پرولین، گلایسین، لوسین، والین، فنیل آلانین، آلانین و ایزولوسین در ترکیب پروتئین پر هیدرولیز شده سبب تقویت ویژگی ممانعت از خروج آب شده است.

با توجه به وجود هزاران منفذ در پوسته تخم‌مرغ که مسیری برای خروج دی‌اکسید کربن و آب را فراهم می‌کند، پوشش پروتئین پر هیدرولیز شده از راه مسدود کردن نسبی این منافذ، میزان افت وزن تخم‌مرغ را طی نگهداری کاهش داده است. خروج آب باعث افت وزن در تخم‌مرغ می‌شود و از سوی دیگر، اندازه اتاقک هوایی تخم را افزایش می‌دهد که از آن به عنوان یکی از معیارهای مهم در تشخیص تازگی تخم‌مرغ استفاده می‌شود (Kemps *et al*., 2007). در یک آزمایش، تخم‌مرغ‌ها پنج دقیقه پس از تولید با روغن پوشش‌دهی شدند، پس از پنج روز نگهداری در دمای ۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت کم، افت وزن در گروه شاهد برابر با ۱/۳ گرم و در گروه پوشش‌دار، ۰/۶۰ گرم بود (Stadelman and Cotterill, 1995)، که این نتیجه بسیار شبیه آزمایش حاضر برای پوشش‌های ۱۰ و ۲۰ درصد است. ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها را می‌توان با تیمارهای فیزیکی و شیمیایی همانند حرارت، پرتو، اعمال فشار و مواد شیمیایی به منظور بهبود ویژگی‌های تشکیل لایه پوششی بهبود داد (Fennema, 1985). این بهبود ویژگی با تیمار شیمیایی هیدرولیز قلیایی در پژوهش حاضر عملی شده است.

جدول ۴- اثر پوشش‌های آزمایشی بر ارتفاع سفیده و واحد هاو تخم‌مرغ در هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق

Table 4. Effect of egg coating on albumen height and Haugh unit of stored eggs at room temperature

	Albumen height (mm)					Haugh unit				
Storage time (week)	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Hydrolyzed feather (g/100 mL)										
0	7.41	3.72^{b}	2.66^{b}	2.60^{b}	2.34	86.90	56.04^{b}	42.54^{b}	41.62^{b}	36.12^{b}
10	7.39	3.54^{b}	3.74^{ab}	2.10^{c}	2.78	87.00	54.76^{b}	55.34^{ab}	32.25^{c}	43.75^{ab}
20	7.45	5.12^{a}	4.26^{a}	4.03^{a}	3.18	85.90	70.72^{a}	62.54^{a}	61.20^{a}	49.10^{a}
SEM	0.13	0.29	0.35	0.11	0.23	1.47	2.68	4.38	1.69	3.13
P-value	0.94	0.004	0.02	<0.0001	0.07	0.84	0.002	0.02	<0.0001	0.04
Contrasts										
L	0.83	0.005	0.01	0.01	0.02	0.64	0.002	0.01	<0.0001	0.01
Q	0.80	0.03	0.53	0.53	0.95	0.74	0.02	0.61	<0.0001	0.77

[a-c] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

جدول ۵- اثر پوشش‌های آزمایشی بر درجه کیفی و رنگ زرده تخم‌مرغ در هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق

Table 5. Effect of egg coating on quality grade and yolk color of stored eggs at room temperature

	Quality grade (1-4)					Yolk color (DSM scale, 1-15)				
Storage time (week)	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Hydrolyzed feather (g/100 mL)										
0	4.00	2.20^{b}	2.00	2.00^{ab}	1.60	4.00	3.40	4.80	5.25^{a}	4.80
10	4.10	2.20^{b}	2.40	1.50^{b}	2.00	4.10	3.60	4.00	5.00^{a}	4.75
20	3.90	3.25^{a}	2.80	2.33^{a}	2.00	3.90	4.00	4.60	4.00^{b}	5.20
SEM	0.07	0.20	0.26	0.14	0.14	0.06	0.37	0.26	0.11	0.20
P-value	0.16	0.003	0.13	0.004	0.11	0.16	0.53	0.11	<0.0001	0.25
Contrasts										
L	0.32	0.003	0.05	0.12	0.07	0.32	0.28	0.59	<0.0001	0.18
Q	0.10	0.05	1.00	0.002	0.27	0.10	0.83	0.05	0.02	0.32

[a-b] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

جدول ۶- اثر پوشش‌های آزمایشی بر استحکام و درصد پوسته تخم‌مرغ در هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق

Table 6. Effect of egg coating on shell strength and shell percentage of stored eggs at room temperature

	Shell strength (kg. m/s^2)					Shell percentage (%)				
Storage time (week)	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Hydrolyzed Feather (g/100 mL)										
0	4.65	4.14	4.64^{a}	4.04	4.00	10.90	10.90	10.88	10.74	10.63
10	4.55	4.03	3.71^{b}	3.82	3.60	10.70	10.70	11.05	10.52	10.87
20	4.50	4.25	4.52^{a}	3.62	3.92	11.01	11.01	11.01	10.34	10.50
SEM	0.08	0.21	0.25	0.19	0.24	0.23	0.23	0.23	0.28	0.25
P-value	0.41	0.77	0.04	0.33	0.49	0.63	0.63	0.86	0.61	0.57
Contrasts										
L	0.19	0.73	0.74	0.14	0.85	0.74	0.74	0.69	0.33	0.72
Q	0.80	0.53	0.01	0.95	0.25	0.38	0.38	0.72	0.96	0.33

[a-b] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

جدول ۷- اثر پوشش‌های آزمایشی بر درصد سفیده و زرده تخم‌مرغ در هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق

Table 7. Effect of egg coating on relative albumen and yolk weights of stored eggs at room temperature

	Albumen percentage (%)					Yolk percentage (%)				
Storage time (week)	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Hydrolyzed feather (g/100 mL)										
0	64.14[a]	59.96	60.42	59.08	58.38	25.24[b]	29.14	28.69	30.51	30.99
10	63.86[b]	59.79	59.88	57.13	57.59	25.52[a]	29.50	29.06	32.35	31.53
20	63.69[c]	59.53	59.34	58.66	59.39	25.45[a]	29.45	29.63	31.00	30.11
SEM	0.03	1.31	0.83	6.94	0.97	0.03	1.23	0.76	1.26	0.91
P-value	<0.0001	0.97	0.67	0.33	0.45	0.0001	0.97	0.69	0.58	0.55
Contrasts										
L	<0.0001	0.82	0.38	0.23	0.48	0.0006	0.86	0.40	0.79	0.51
Q	0.17	0.98	1.00	0.38	0.30	0.0006	0.89	0.91	0.32	0.39

[a-c] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

جدول ۸- اثر پوشش‌های آزمایشی بر pH سفیده و زرده تخم‌مرغ در هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق

Table 8. Effect of egg coating on albumen and yolk pH of stored eggs at room temperature

	Yolk pH					Albumen pH				
Storage time (week)	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Hydrolyzed feather (g/100 mL)										
0	6.00	5.45	6.65	6.87	6.91	9.20	9.18[a]	10.44	10.49[a]	10.51
10	6.10	5.39	6.65	6.79	6.75	9.30	8.95[ab]	10.12	10.46[a]	10.46
20	6.06	5.38	6.60	6.76	6.70	9.34	8.55[b]	9.78	9.87[b]	10.03
SEM	0.10	0.09	0.11	0.11	0.11	0.16	0.15	0.17	0.17	0.18
P-value	0.79	0.85	0.94	0.79	0.43	0.81	0.04	0.06	0.05	0.15
Contrasts										
L	0.69	0.60	0.76	0.51	0.22	0.54	0.01	0.02	0.03	0.08
Q	0.59	0.82	0.86	0.86	0.70	0.88	0.65	0.96	0.21	0.39

[a-b] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

جدول ۹- اثر پوشش‌های آزمایشی بر کاهش وزن تخم مرغ طی چهار هفته نگهداری در دمای اتاق (گرم)

Table 9. Effect of egg coating on weight loss of stored eggs at room temperature condition (g)

Storage time (Week)	1	2	3	4
Hydrolyzed feather (g/100 mL)				
0	1.28[a]	2.52[a]	3.61[a]	5.22[a]
10	0.61[b]	1.30[b]	1.74[b]	2.40[b]
20	0.67[b]	1.35[b]	1.97[b]	2.95[b]
SEM	0.08	0.14	0.26	0.22
P-value	<0.0001	<0.0001	0.0004	<0.0001
Contrasts				
L	0.0001	<0.0001	0.001	<0.0001
Q	0.003	0.003	0.01	<0.0001

[a-b] Means with different letters within a same column are statistically different (P<0.05). Number of tested eggs per experimental group per each storage time was 8.

کاهش وزن تخم‌مرغ طی هفته‌های مختلف نگهداری در دمای اتاق: بر اساس شکل ۱، کاهش وزن پس از هفت روز نگهداری در تخم‌مرغ‌های بدون پوشش (۲/۱۲٪) تقریباً دو برابر کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار (۱/۱۶٪) است. بر اساس شکل ۲، کاهش وزن پس از ۱۴ روز نگهداری در دمای اتاق در تخم‌مرغ‌های بدون پوشش (۴/۲۱٪) تقریباً دو برابر کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار (۲/۳۵٪) است. بر اساس شکل ۳، کاهش وزن پس از ۲۱ روز نگهداری در دمای اتاق در تخم‌مرغ‌های بدون پوشش (۶/۰۸٪) تقریباً دو برابر کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار (۳/۳۵٪) است.

همچنین در شکل ۴، کاهش وزن پس از ۲۸ روز نگهداری در دمای اتاق در تخم‌مرغ‌های بدون پوشش (۸/۲۷٪) تقریباً دو برابر کاهش وزن در تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار (۴/۸۰٪) است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، مشخص شد که استفاده از پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده می‌تواند بهبود کیفیت داخلی تخم‌مرغ را در طول دوره نگهداری ارائه دهد. در پژوهش‌های آتی، توصیه می‌شود که برای بهبود کیفیت داخلی تخم‌مرغ در طول دوره نگهداری، مطالعات بیشتری در مورد اثر پوشش پروتئینی با هیدرولیز مختلف روی ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ انجام شود. همچنین، برای دستیابی به نتایجی با قدرت آماری بالاتر، توصیه می‌شود که از تعداد بیشتری تخم‌مرغ استفاده شود و نتایج به‌دست آمده با استفاده از تحلیل آماری مناسب، ارزیابی شوند. مطالعات قبلی در زمینه بهبود کیفیت داخلی تخم‌مرغ در طول دوره نگهداری با استفاده از پوشش‌های پروتئینی مختلف و هیدرولیز متفاوت انجام شده است. برخی از این مطالعات نشان داده‌اند که پوشش پروتئینی با هیدرولیز می‌تواند بهبود قابل توجهی در ویژگی‌های کیفی تخم‌مرغ داشته باشد. همچنین، برخی مطالعات روی اثر پوشش پروتئینی با استفاده از پروتئین‌های مختلف نظیر کنسانتره پروتئین برنج (Pires *et al*., 2019)، پروتئین‌های سرمی (Caner and Yuceer, 2015) پروتئین گوشت و پروتئین شیر (Alleoni *et al.,* 2006)، پروتئین آب پنیر ایزوله یا کنسانتره پروتئین آب پنیر و زئین (Caner and Yuceer, 2015) انجام شده است. در کل، نتایج این مطالعات نشان داده‌اند که پوشش پروتئینی با هیدرولیز مختلف می‌تواند بهبود کیفیت داخلی تخم‌مرغ را در طول دوره نگهداری ارائه دهد، اما برای دستیابی به نتایج قطعی و مطمئن در مورد پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده، نیاز به انجام مطالعات بیشتر است.

نتیجه‌گیری کلی

بین پوشش‌های پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ و ۲۰ درصد، تفاوتی در افت وزن در هفته‌های مختلف مشاهده نشد، اما پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ درصد، حفاظت بهتری در برابر کاهش وزن داشته است. با توجه به اینکه افت وزن عمدتاً ناشی از تبخیر آب تخم‌مرغ است، مشاهده شد که پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ درصد علیرغم نازک‌تر بودن، حفاظت بهتری در مقایسه با پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰ درصد داشته است. دلیل این مشاهده می‌تواند ایجاد ترک‌های ظریف در پوشش ضخیم‌تر به‌دست آمده از محلول ۲۰ درصد در قیاس با محلول ۱۰ درصد باشد. پیشنهاد می‌شود غلظت‌های متنوع‌تری از پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده و انواع نرم‌کننده در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین استفاده از پوشش پروتئینی به‌دست آمده از هیدرولیز پر مرغ در طول دوره نگهداری تخم‌مرغ می‌تواند سبب افزایش ماندگاری با حفظ کیفیت تخم‌مرغ شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش از دانشگاه تربیت مدرس قدردانی ویژه می‌نمایند. همچنین، از همکاری مدیریت محترم کشتارگاه ایران بورچین سپاسگزاری می‌شود.

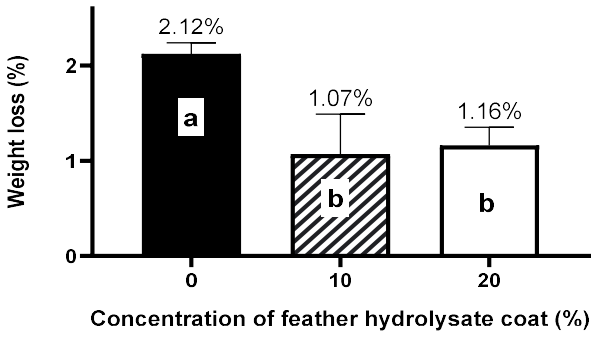

Fig. 1. Percentage of egg weight loss after a week of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 32

شکل ۱- درصد کاهش وزن پس از هفت روز نگهداری در دمای اتاق. تعداد تخم‌های مورد آزمون به ازای هر گروه آزمایشی برابر با ۳۲ بود

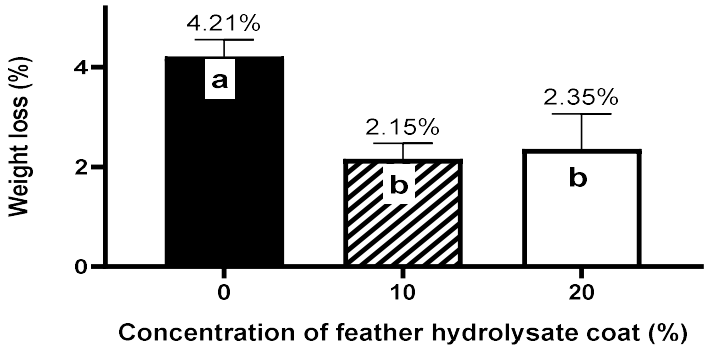

Fig. 2. Percentage of egg weight loss after two weeks of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 24

شکل ۲- درصد کاهش وزن پس از دو هفته نگهداری در دمای اتاق. تعداد تخم‌های مورد آزمون به ازای هر گروه آزمایشی برابر با ۲۴ بود

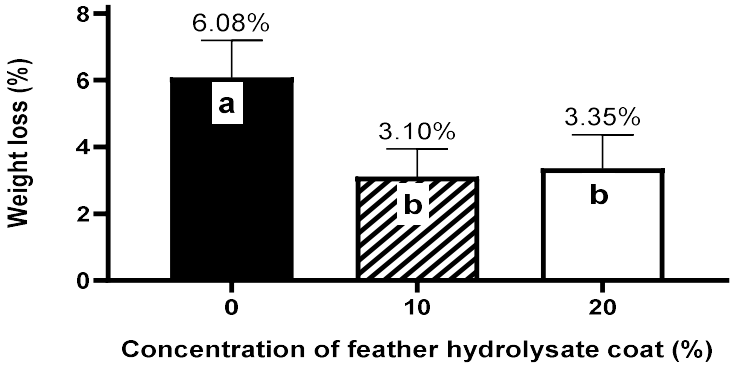

Fig. 3. Percentage of egg weight loss after three weeks of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 16

شکل ۳- درصد کاهش وزن پس از سه هفته نگهداری در دمای اتاق. تعداد تخم‌های مورد آزمون به ازای هر گروه آزمایشی برابر با ۱۶ بود

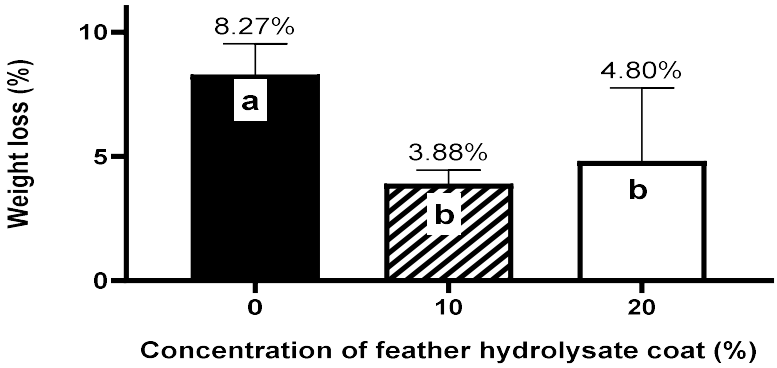

Fig. 4. Percentage of egg weight loss after four weeks of storage at room temperature

شکل ۴- درصد کاهش وزن پس از چهار هفته نگهداری در دمای اتاق. تعداد تخم‌های مورد آزمون به ازای هر گروه آزمایشی برابر با ۸ بود

فهرست منابع

Afshar, R., Karimi Torshizi, M. A., Shariatmadari, F., & Eivakpour, A. (2023). Effect of alkaline hydrolyzed feather meal on performance, intestinal morphology, and meat oxidation of Arian broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*. doi: 10.22059/ijas.2023.351226.653918 [In Persian]

Alleoni, A. C. C., Jacomino, A. P., & Rosa, A. S. (2006). Recobrimento de laranja'Pêra'com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41*, 1221-1226. doi: 10.1590/S0100-204X2006000800002

Almeida, D. S. D., Schneider, A. F., Yuri, F. M., Machado, B. D., & Gewehr, C. E. (2016). Egg shell treatment methods effect on commercial eggs quality. *Ciência* Rural, 46, 336-341. doi: 10.1590/0103-8478cr20140904.

Atabak, A. H., Karimi Torshizi, M. A., & Rahimi, S. (2021). Effect of supplementing different levels of alkaline hydrolyzed feather meal and dried corn steep liquor on performance and anti-oxidation indices of broiler chicken. *Iranian Journal of Animal Science, 52*(3), 203-215. doi: 10.22059/ijas.2021.312300.653807 [In Persian]

Caner, C. (2005). Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 85*(13), 2143-2148. doi: 10.1002/jsfa.2225

Caner, C., & Cansiz, Ö. (2008). Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 88*(1), 56-61. doi: 10.1002/jsfa.2962

Caner, C., & Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry Science, 94*(7), 1665-1677. doi: 10.3382/ps/pev102

Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53*(5), 435-450. doi: 10.1080/10408398.2010.541568

Fennema, O. R. (1985). Food Chemistry. 2nd edition. Newyork and Basel: Marcel Dekker Inc., USA.

García, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (Fragaria× Ananassa) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46*(9), 3758-3767. doi: 10.1021/JF980014C

Goda, D. A., Diab, M. A., El-Gendi, H., Kamoun, E. A., Soliman, N. A., & Saleh, A. K. (2022). Fabrication of biodegradable chicken feathers into ecofriendly-functionalized biomaterials: characterization and bio-assessment study. *Scientific Reports, 12*(1), 18340. doi: 10.1038/s41598-022-23057-4

Han, J. H. (2014). Edible films and coatings: a review. In: Innovations in food packaging (pp. 213-255): Elsevier.

Haugh, H. (1937) The haugh unit for measuring egg quality. *The U.S. Egg & Poultry Magazine, 43*, 552-555, 572-573.

Kemps, B. J., De Ketelaere, B., Bamelis, F. R., Mertens, K., Decuypere, E. M., De Baerdemaeker, J. G., & Schwägele, F. (2007). Albumen freshness assessment by combining visible near-infrared transmission and low-resolution proton nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Poultry Science, 86*(4), 752-759. doi: 10.1093/ps/86.4.752

Khodaparast, D., Karimi Torshizi, M. A., & Rahimi, S. (2021). Effect of alkaline hydrolyzed feather meal on performances and lipid oxidation of meat and egg of laying quails. *Animal Sciences Journal, 33*(129), 87-100. doi: 10.22092/asj.2019.126136.1916 [In Persian]

Kim, S. H., No, H. K., Kim, S. D., & Prinyawiwatkul, W. (2006). Effect of plasticizer concentration and solvent types on shelf-life of eggs coated with chitosan. *Journal of Food Science, 71*(4), S349-S353. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00008.x

Kock, J. W. (2006). Physical and mechanical properties of chicken feather materials Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology.

Lesnierowski, G., & Stangierski, J. (2018). What's new in chicken egg research and technology for human health promotion?-A review. *Trends in Food Science & Technology, 71*, 46-51. doi: 10.1016/j.tifs.2017.10.022

Moore, G. R. P., Martelli, S. M., Gandolfo, C., do Amaral Sobral, P. J., & Laurindo, J. B. (2006). Influence of the glycerol concentration on some physical properties of feather keratin films. *Food Hydrocolloids, 20*(7), 975-982. doi: 10.1016/j.foodhyd.2005.11.001

Pires, P. G. D. S., Pires, P. D. D. S., Cardinal., K. M., Leuven, A. F. R., Kindlein, L., & Andretta, I. (2019). Effects of rice protein coatings combined or not with propolis on shelf life of eggs. *Poultry Science, 98*(9), 4196-4203. doi: 10.3382/ps/pez155

Rosser, F. (1942). Preservation of eggs: ii. Surface contamination on eggshell in relation to spoilage. *Canadian Journal of Research, 20*, 291-296. doi: 10.1139/cjr42d-024

Schrooyen, P. M., Dijkstra, P. J., Oberthür, R. C., Bantjes, A., & Feijen, J. (2001). Partially carboxymethylated feather keratins. 2. Thermal and mechanical properties of films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49*(1), 221-230. doi: 10.1021/jf0004154

Sharaf Eddin, A., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2019). Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food Chemistry, 296*, 29-39. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.182

Song, N. B., Jo, W. S., Song, H. Y., Chung, K. S., Won, M., & Song, K. B. (2013). Effects of plasticizers and nano-clay content on the physical properties of chicken feather protein composite films. *Food Hydrocolloids, 31*(2), 340-345. doi: 10.1016/j.foodhyd.2012.11.024

Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J. (1995). Egg Science and Technology. 4th Edition, The Haworth Press, NY, 115-119.

Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O., & Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal, 47*(3), 254–263. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011

Wan, V. C. H., Kim, M. S., & Lee, S. Y. (2005). Water vapor permeability and mechanical properties of soy protein isolate edible films composed of different plasticizer combinations. *Journal of Food Science, 70*(6), e387-e391. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11443.x