



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

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

H. Mirzaie¹, L. Darabi², 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 CO₂ 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

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Tarbiat Modares University, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

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



اثر پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده بر کیفیت داخلی تخم مرغ 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 تخم مرغ در طول دوره نگهداری به مدت چهار هفته و در دمای اتاق بررسی شد. صد و بیست عدد تخم مرغ از سویه Hy-Line W36 در قالب طرح کاملاً تصادفی به سه تیمار اختصاص داده شدند. تخم مرغ‌ها شماره گذاری شده و برای هر تیمار، ۴۰ عدد تخم بر اساس وزن به صورت صعودی در دسته‌های سه تایی 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 تخم مرغ، واحد هاو، وزن سفیده، وزن زرده، رنگ زرده، pH سفیده، pH زرده، استحکام پوسته، در هشت تخم مرغ از هر تیمار در نمونه تازه و نمونه‌های پس از یک، دو، سه و چهار هفته نگهداری اندازه گیری 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 به طور معنی داری بالاتر بود ($P < 0.05$). درجه کیفی تخم مرغ و pH سفیده به ترتیب دارای بالاترین و پایین ترین میزان در گروه دارای پوشش ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده طی هفته‌های اول و سوم بودند ($P < 0.05$). کمترین درصد افت وزن در طول آزمایش مربوط به تخم مرغ‌های دارای پوشش ۱۰ درصد پر هیدرولیز شده بود ($P < 0.05$). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که استفاده از پوشش‌ها در طول دوره نگهداری تخم مرغ می‌تواند سبب افزایش ماندگاری با حفظ کیفیت تخم مرغ شود.

واژه‌های کلیدی: پر هیدرولیز شده، پوشش پروتئینی، تخم مرغ، دوره نگهداری

* نویسنده مسئول: karimitm@modares.ac.ir

مقدمه

تخم مرغ یکی از با ارزش ترین مواد غذایی در رژیم غذایی انسان است که به دلیل خواص چند منظوره آن به طور گسترده ای در صنایع غذایی استفاده می شود (Lesniewski and Stangierski, 2018). عوامل متعددی از جمله بیماری ها، سن پرنده، جیره غذایی، دما، رطوبت، حمل و نقل و مدت زمان نگهداری می توانند بر کیفیت تخم مرغ تأثیر بگذارند. هر چه زمان نگهداری طولانی تر باشد، به دلیل نفوذ بیشتر CO_2 در پوسته تخم مرغ، به خصوص در دمای اتاق، کیفیت داخلی آن کاهش می یابد. تخم مرغ محصولی فاسد شدنی است، بنابراین باید از زمان تولید تا مصرف در یخچال نگهداری شود. سرد کردن (نگهداری در یخچال) منجر به افزایش هزینه های تولید می شود که به نوبه خود منجر به افزایش قیمت محصول نهایی می شود. در حال حاضر، علاقه فزاینده ای به توسعه روش های مؤثر برای حفظ کیفیت داخلی تخم مرغ وجود دارد. استفاده از پوشش ها پس از شستشوی تخم مرغ می تواند به حفظ کیفیت داخلی تخم مرغ طی نگهداری طولانی مدت کمک کند (Almeida et al., 2016). پوشش های خوراکی، یک فناوری در دسترس هستند که در حال حاضر برای کنترل رطوبت، تبادل گازها و فرآیندهای اکسیداسیون برای بسیاری از محصولات اعمال می شوند (Dhall, 2013). استفاده از پوشش ها همچنین می تواند پوسته تخم مرغ را درخشان تر کند. ظاهر بصری یکی از عوامل اصلی است که مصرف کنندگان هنگام تصمیم گیری در مورد خرید یا عدم خرید محصولات تخم مرغ در نظر می گیرند (Caner, 2005). برخی مطالعات بهبودهایی را در حفظ کیفیت داخلی و کاهش شکستن پوسته تخم مرغ پس از پوشش دهی گزارش کرده اند (Caner, 2005; Caner and Cansiz, 2008). کاهش ترک خوردن تخم مرغ یک عامل مهم است، زیرا افزایش مقاومت پوسته به طور بالقوه باعث کاهش تعداد تخم مرغ های ترک خورده و صرفه جویی قابل توجهی برای صنعت می شود (Caner and Yuceer, 2015). استفاده از فیلم ها و پوشش های خوراکی فعال و ضد میکروب مناسب می تواند به صورت بالقوه موجب کاهش بار میکروبی سطح تخم مرغ، کاهش تغییرات نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری آن شود. پروتئین ها معمولاً به عنوان مواد تشکیل دهنده فیلم استفاده

می شوند (Han, 2014). پروتئین هایی که قبلاً برای توسعه پوشش تخم مرغ مورد بررسی قرار گرفته اند شامل پروتئین آب پنیر ایزوله یا کنسانتره پروتئین آب پنیر، زئین (Caner and Yuceer, 2015) و کنسانتره پروتئین برنج (Pires et al., 2019) می هستند. در تهیه فیلم ها یا پوشش های خوراکی، اغلب یک نرم کننده برای ایجاد انعطاف پذیری استفاده می شود (Wan et al., 2005). پره های مرغ، محصول جانبی صنعت طیور است و بعضاً بدون هیچ گونه پیش-فرآوری دور ریخته می شوند و باعث آلودگی شدید محیطی می شوند (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). به طور کلی، فیلم های پروتئین پر مرغ بسیار شکننده هستند و برای افزایش استحکام و انعطاف پذیری فیلم به یک نرم کننده نیاز است (Kim et al., 2006). کاربرد پر مرغ فرآوری 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 نرم کننده ها در تهیه فیلم های پروتئین پر مرغ منجر به بهبود خواص مکانیکی فیلم شد (Song et al., 2013). نرم کننده هایی مانند گلیسرول، سوربیتول و پلی اتیلن گلیکول به دلیل توانایی آن ها در کاهش شکنندگی فیلم معمولاً در فرمولاسیون پوشش ها استفاده می شوند (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 تخم مرغ، گزارشی منتشر نشده است. بنابراین این تحقیق، تأثیر پوشش پروتئین پر هیدرولیز شده را در دو غلظت بر ماندگاری تخم مرغ خوراکی در شرایط نگهداری در دمای اتاق بررسی می کند.

مواد و روش ها

در مطالعه حاضر، تعداد ۱۲۰ عدد تخم مرغ پوسته سفید تازه با وزن $59/50 \pm 1/50$ گرم از مرغ های سویه Hy-Line W36 از یک تولیدکننده تهیه شد. پوسته تخم مرغ ها شسته شدند تا آلودگی ها از سطح پوسته پاک شوند. سپس، تخم مرغ ها شماره گذاری شده و بر اساس وزن به صورت

(24 ± 2) 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:

$$100 \times \frac{W_2 - W_1}{W_1} = \text{درصد کاهش وزن}$$

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):

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

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 رنگ-سنجی الکترونیکی اندازه‌گیری می‌کند.

صعودی در دسته‌های سه تایی (۴۰ دسته) مرتب شدند. سه تیمار آزمایشی شامل تخم‌مرغ‌های پوشش داده شده با پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده 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. گلیسرین خالص (Serva, Germany) به-عنوان نرم‌کننده به میزان دو درصد (W/V) به مایع پوشش-ها 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 روش-های 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 سمی 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

سرب و آرسنیک از حدود مجاز پایین تر است و بنابراین مصرف پروتئین پر هیدرولیز شده از نظر عناصر مضر و سمی مورد آزمایش مخاطره آمیز نیست.

واحد هاو و ارتفاع سفیده: تأثیر پوشش های آزمایشی بر ارتفاع سفیده و واحد هاو در تخم مرغ های نگهداری شده در زمان های گوناگون در جدول ۴ نشان داده شده است. ارتفاع سفیده و واحد هاو در تخم مرغ های نگهداری شده تحت تأثیر معنی دار پوشش های آزمایشی قرار گرفتند ($P < 0.05$). ارتفاع سفیده و واحد هاو در گروه دارای پوشش پروتئینی ۲۰ درصد پر هیدرولیز شده نسبت به سایر گروه ها به طور معنی داری بالاتر بود ($P < 0.05$).

از واحد هاو به عنوان یکی از شاخص های تازگی تخم مرغ استفاده می شود. تغییرات شیمیایی طی نگهداری در سفیده اتفاق می افتد، مثلاً پروتئین اوو میوسین به آلفا- و بتا- اوو میوسین تفکیک می شود و اوو آلبومین به اس- اوو آلبومین تغییر می یابد. این تغییرات منجر به آبکی شدن سفیده و کاهش ارتفاع آن می شود و در نتیجه، واحد هاو کاهش می یابد.

رنگ زرده و درجه کیفی تخم مرغ: نتایج حاصل از تأثیر پوشش های آزمایشی بر رنگ زرده و درجه کیفی تخم مرغ در جدول ۵ ارائه شده است. رنگ زرده تخم مرغ در هفته سوم تحت تأثیر معنی دار پوشش های آزمایشی قرار گرفت ($P < 0.05$). بالاترین درجه کیفی تخم مرغ در هفته های اول و سوم در تخم مرغ های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$).

جدول ۱- درجه بندی کیفی تخم مرغ 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

اندازه گیری pH پس از شکستن تخم مرغ ها، سفیده و زرده جدا شده به مدت ۲۰ ثانیه با استفاده از همزن، همگن شدند و سپس، pH زرده و سفیده با استفاده از pH متر دیجیتال کالیبره اندازه گیری شد.

استحکام پوسته: برای تعیین مقاومت پوسته از دستگاه دیجیتال اندازه گیری مقاومت پوسته Digital Egg Shell Force Gauge (model-II) استفاده شد. دستگاه میزان نیروی وارد شده برای شکستن پوسته را بر حسب کیلوگرم نشان می دهد.

تجزیه آماری: داده های جمع آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS (2003) تجزیه شدند و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای 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،

جدول ۲- ترکیب شیمیایی پروتئین پر هیدرولیز شده (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

نشان داده شده است. تخم‌مرغ‌های دارای پوشش نسبت به تخم‌مرغ‌های بدون پوشش به‌طور معنی‌داری میزان کاهش وزن کمتری داشتند ($P < 0.05$). همان‌طور که در نتایج مشاهده می‌شود، کمترین افت وزن مربوط به تخم‌مرغ‌های دارای پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ و ۲۰ درصد است که تفاوت معنی‌داری با تخم‌مرغ‌های بدون پوشش دارند ($P < 0.05$).

در حالی که 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، گلیسین، 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.

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 ($P > 0.05$). 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 ($P > 0.05$).

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 ($P > 0.05$). 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 حالی که 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 هیدرولیز شده ۲۰ درصد نسبت به سایر گروه‌ها کاهش یافت ($P < 0.05$). pH زرده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P < 0.05$). با گذشت زمان، pH زرده و سفیده افزایش یافته است. با گذشت زمان pH سفیده به علت از دست دادن CO₂ 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 CO₂، 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

جدول ۴- اثر پوشش های آزمایشی بر ارتفاع سفیده و واحد هاو تخم مرغ در هفته های مختلف نگهداری در دمای اتاق

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

Storage time (week)	Albumen height (mm)					Haugh unit				
	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 پوشش های آزمایشی بر درجه کیفی و رنگ زرده تخم مرغ در هفته های مختلف نگهداری در دمای اتاق

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

Storage time (week)	Quality grade (1-4)					Yolk color (DSM scale, 1-15)				
	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 پوشش های آزمایشی بر استحکام و درصد پوسته تخم مرغ در هفته های مختلف نگهداری در دمای اتاق

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

Storage time (week)	Shell strength (kg. m/s ²)					Shell percentage (%)				
	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

Storage time (week)	Albumen percentage (%)					Yolk percentage (%)				
	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

Storage time (week)	Yolk pH					Albumen pH				
	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.

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.

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

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.

نتیجه گیری کلی

بین پوشش های پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ و ۲۰ درصد، تفاوتی در افت وزن در هفته های 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 تخم مرغ است، مشاهده شد که پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۱۰ درصد علیرغم نازک تر بودن، حفاظت بهتری در مقایسه با پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده ۲۰ درصد داشته است. دلیل این مشاهده می تواند ایجاد ترک های ظریف در پوشش ضخیم تر به دست آمده از محلول ۲۰ درصد در قیاس با محلول ۱۰ درصد باشد. پیشنهاد می شود غلظت های متنوع تری از پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده و انواع نرم کننده در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین استفاده از پوشش پروتئینی به دست آمده از هیدرولیز پر مرغ در طول دوره نگهداری تخم مرغ می تواند سبب افزایش ماندگاری با حفظ کیفیت تخم مرغ شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش از دانشگاه تربیت مدرس قدردانی ویژه می نمایند. همچنین، از همکاری مدیریت محترم کشتارگاه ایران بورچین سپاسگزاری می شود.

همچنین در شکل ۴، کاهش وزن پس از ۲۸ روز نگهداری در دمای اتاق در تخم مرغ های بدون پوشش (۸/۲۷٪) تقریباً دو برابر کاهش وزن در تخم مرغ های پوشش دار (۴/۸۰٪) است. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، مشخص شد که استفاده از پوشش پروتئینی پر هیدرولیز شده می تواند بهبود کیفیت داخلی تخم مرغ را در طول دوره نگهداری ارائه دهد. در پژوهش های آتی، توصیه می شود که برای بهبود کیفیت داخلی تخم مرغ در طول دوره نگهداری، مطالعات بیشتری در مورد اثر پوشش پروتئینی با هیدرولیز مختلف روی ویژگی های کیفی تخم مرغ انجام شود. همچنین، برای دستیابی به نتایجی با قدرت آماری بالاتر، توصیه می شود که از تعداد بیشتری تخم مرغ استفاده شود و نتایج به دست آمده با استفاده از تحلیل آماری مناسب، ارزیابی شوند. مطالعات قبلی در زمینه بهبود کیفیت داخلی تخم مرغ در طول دوره نگهداری با استفاده از پوشش های پروتئینی مختلف و هیدرولیز متفاوت انجام شده است. برخی از این مطالعات نشان داده اند که پوشش پروتئینی با هیدرولیز می تواند بهبود قابل توجهی در ویژگی های کیفی تخم مرغ داشته باشد. همچنین، برخی مطالعات روی اثر پوشش پروتئینی با استفاده از پروتئین های مختلف نظیر کنسانتره پروتئین برنج (Pires *et al.*, 2019)، پروتئین های 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 داده اند که پوشش پروتئینی با هیدرولیز مختلف می تواند بهبود کیفیت داخلی تخم مرغ را در طول

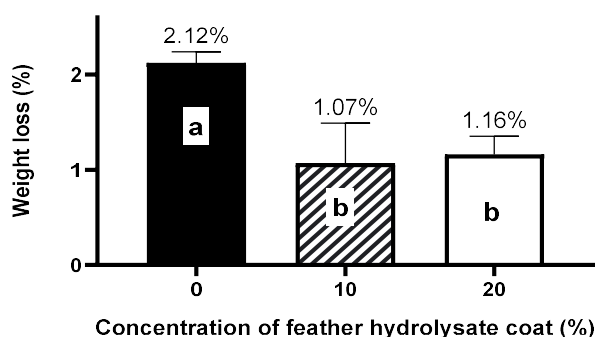


Fig. 1. Percentage of egg weight loss after a week of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 32

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

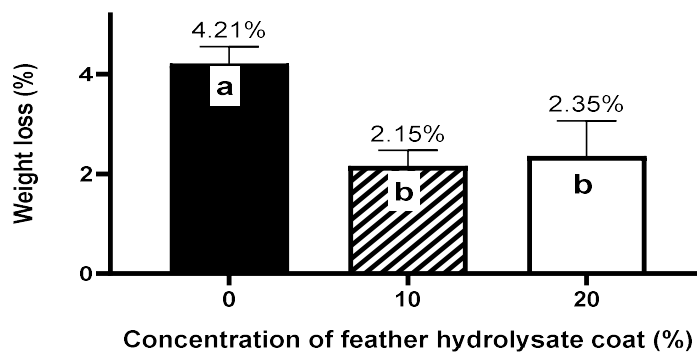


Fig. 2. Percentage of egg weight loss after two weeks of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 24

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

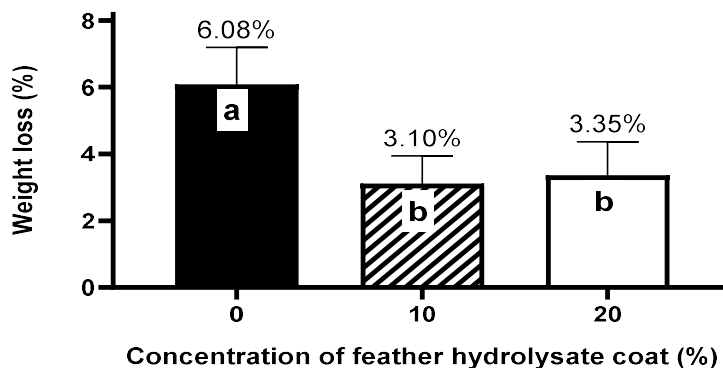


Fig. 3. Percentage of egg weight loss after three weeks of storage at room temperature. Number of tested eggs per experimental group was 16

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

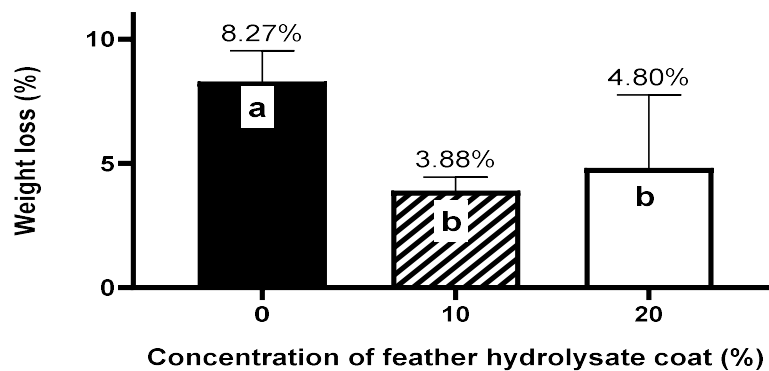


Fig. 4. Percentage of egg weight loss after four weeks of storage at room temperature

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., & Prinyawiwatukul, 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