Packaging Sciences and Techniques
Vol. 16, No. 3, Autumn 2025, Serial No. 63
ISSN: 2228-6675 , E-ISSN: 2980-7824

The Effect of Irradiation and Packaging on Increasing the Shelf life of Shahani Dates in Individual Operational Rations

Reza Rezanejad*[1], Mohammad Ali Nematollahi[2], Seyed Mahdi Ojagh[3], Seyed Hasan Mousavi[4]

[1]Correspondence: Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email Address: rezanezhad@ut.ac.ir
[2]Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email Address: malahi@ut.ac.ir
[3]Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email Address: ojagh@ut.ac.ir
[4]Master of Food Industry, Kherad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran. Email Address: H.mousavi64@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 11 September 2025

Received in revised form: 8 November 2025

Accepted: 6 Desember 2025

Available online: 20 Desember 2025

Keywords:

Shahani Dates

Gamma Irradiation

Vacuum Packaging

Shelf Life Extension

ABSTRACT

In military terminology, a “ration” refers to the daily food allotment for one service member. An “operational ration” is a broad category covering rations designed for use in combat zones and during field operations. Key considerations in developing such rations include healthfulness, nutritional value, and oxidative stability to ensure a long shelf life under adverse conditions. In the Iranian armed forces, dates are a common component of the operational ration. A primary concern with any food ration is extending its preservation period. Various techniques exist to enhance the shelf life of dates, including irradiation and modified packaging. This study examines the combined effect of packaging methods and gamma irradiation on the sensory properties of Shahani dates. The experiment followed a completely randomized design with three treatments and three replications: Treatment 1: Control (vacuum packaging only), Treatment 2: Vacuum packaging combined with gamma irradiation at a dose of 4 kGy and Treatment 3: Vacuum packaging combined with gamma irradiation at a dose of 6 kGy. Sensory evaluations were conducted on samples stored at room temperature at 6, 12, 18, and 24-month intervals. The results indicated that after 24 months, Treatment 2 (vacuum packaging with 4 kGy irradiation) received the highest sensory scores and demonstrated the greatest shelf life.

Cite this article: R. Rezanejad, M. A. Nematollahi, S. M. Ojagh, and S. H. Mousavi, “The Effect of Irradiation and Packaging on Increasing the Shelf life of Shahani Dates in Individual Operational Rations,” Journal of Packaging Sciences and Techniques, vol. 16, no. 3, pp. 1-11, 2025. **DOI:** https://doi.org/10.47176/packaging.2026.1238

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights

Publisher: Imam Hossein University.

Introduction

Providing food rations with extended shelf life and appropriate quality, especially in operational and combat conditions, is a significant challenge in military nutrition. Dates, as a staple item in Iranian operational rations, are valued for their high nutritional content and relatively good storability. However, microbial spoilage and chemical-sensory changes over time limit their effective shelf life. Therefore, developing effective and safe methods to enhance the shelf life of dates is an unavoidable necessity. While various methods such as vacuum packaging and irradiation have been studied separately, limited research has examined the combined effect of these two methods on the sensory indices of specific date varieties like the Shahani. This study aimed to evaluate the impact of combining vacuum packaging and gamma irradiation on extending the shelf life and preserving the sensory quality of Shahani dates in individual operational rations.

Research Objectives and Questions

The main question of this research was:

"What is the effect of the combined treatment of vacuum packaging and gamma irradiation at different doses on the sensory indices (color, odor, taste, and overall acceptability) and shelf life of Shahani dates, and which treatment can be introduced as the optimal method?"

The objectives of the study were as follows:

1. To investigate the separate and combined effects of vacuum packaging and gamma irradiation at doses of 4 kGy and 6 kGy on the sensory quality of Shahani dates.
2. To monitor the qualitative changes in samples over a 24-month storage period at ambient temperature.
3. To determine the optimal treatment for preserving sensory quality and maximizing shelf life extension.
4. To provide a practical strategy for improving date preservation systems in operational rations and the food industry.

Methodology

This practical research was conducted using a completely randomized design with three treatments and three replications. The methodological stages were as follows:

1. Sample Preparation: Fresh Shahani dates with uniform characteristics were selected, washed, and dried. Samples were vacuum-packaged in 50-gram portions using specialized film.
2. Application of Treatments: The treatments included: 1) Control: Vacuum packaging only; 2) Combined Treatment: Vacuum packaging + gamma irradiation at a dose of 4 kGy; 3) Combined Treatment: Vacuum packaging + gamma irradiation at a dose of 6 kGy. Irradiation was performed using a Cobalt-60 source at the Gamatek Company.
3. Storage and Evaluation: Samples were stored at room temperature for 24 months and evaluated at 6, 12, 18, and 24-month intervals for the following parameters:

Microbial Load: Total microbial count, yeast and mold, Enterobacteriaceae, and bacterial spores were enumerated according to Iranian National Standard No. 15544.

Sensory Evaluation: Color, odor, taste, and overall acceptability were assessed by a trained 10-member panel using a 10-point hedonic scale.

4. Data Analysis: The obtained data were analyzed using appropriate statistical methods. The judgment criterion was achieving a minimum mean score of 6 out of 10.

Findings

The results of this study indicated:

* Microbial Load: All irradiated treatments showed a significant reduction in total microbial count, yeast and mold, and Enterobacteriaceae. The antimicrobial effect of the 6 kGy dose was greater than that of the 4 kGy dose.
* Sensory Quality: Over the 24-month storage period, the combined treatment of vacuum packaging with 4 kGy irradiation (Treatment 2) was superior in all sensory indices:
* Color: This treatment, with a score of 7.53 ± 0.5 at month 24, best preserved color.
* Odor: It achieved the highest score with 7.52 ± 0.46.
* Taste: With a score of 7.55 ± 0.99, it was the only treatment that remained in the fully acceptable range (above 7) after 24 months.
* Overall Acceptability: It was identified as the best treatment with a score of 7.51 ± 0.74.
* The Control (vacuum only) and the 6 kGy treatment experienced a greater decline in quality over time, with their sensory scores approaching the acceptance threshold.

Discussion

The findings of this research indicate the synergistic effectiveness of combining vacuum packaging with gamma irradiation at an optimal dose of 4 kGy. Vacuum packaging removes oxygen, inhibiting oxidative reactions and the growth of aerobic microorganisms, while irradiation at a medium dose controls the initial microbial load and spoilage enzymes without causing significant damage to texture and flavor (which may occur at higher doses). The superiority of the 4 kGy treatment over the 6 kGy treatment demonstrates that increasing the irradiation dose does not necessarily lead to better shelf life and quality and may have an inverse effect by inducing secondary chemical changes. These results align with studies such as the research by Zarbakhsh et al. (2018) on other date varieties, which emphasized the advantage of medium irradiation doses.

Conclusions and Implications

This study demonstrated that combining vacuum packaging with gamma irradiation at a dose of 4 kGy is a practical, safe, and effective strategy for extending the shelf life of Shahani dates for at least 24 months while maintaining desirable sensory quality. This method can be directly implemented in the supply systems for military operational rations and in the packaging and preservation industry for dates and other dried fruits. Based on the findings, it is recommended to:

* Evaluate this combined method on other common date varieties and dried fruits in rations (such as figs and apricots).
* Study the effect of lower doses (less than 4 kGy) combined with more advanced packaging (such as modified atmosphere packaging).
* Investigate the chemical and nutritional changes (such as vitamins and antioxidants) resulting from this treatment.

«علوم و فنون بسته‌بندی»
سال شانزدهم، شماره ۶۳، پاییز ۱۴۰۴؛ ص ۱۱-۱
شاپای چاپی: ۲۲۲۸-۶۶۷۵| شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۷۸۲۴

اثر پرتودهی و بسته‌بندی بر افزایش ماندگاری خرمای شاهانی جیره عملیاتی انفرادی

رضا رضانژاد[۱*]، محمدعلی نعمت الهی[۲]، سیدمهدی اجاق[۳]، سیدحسن موسوی[۴]

[۱]استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: rezanezhad@ut.ac.ir

[۲]استاد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: malahi@ut.ac.ir

[۳]دانشیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ojagh@ut.ac.ir

[۴]کارشناسی ارشد صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران. رایانامه: H.mousavi64@gmail.com

چکیده

از نظر نظامی، جیره مقدار غذای کافی برای یک فرد نظامی در یک روز است. جیرهٔ عملیاتی، یک اصطلاح کلی برای جیره‌های مورد استفاده در مناطق عملیاتی و جنگی می‌باشد. سلامت، ارزش تغذیه‌ای و پایداری اکسیداتیو از عوامل مهم در تهیه چنین محصولی با زمان ماندگاری طولانی‌مدت در شرایط نامناسب است. در بیشتر اوقات خرما یکی از اقلام غذایی موجود در جیره غذایی عملیاتی نیروهای مسلح در ایران می‌باشد. یکی از مسائل اساسی در مورد جیره‌های غذایی افزایش ماندگاری آن است. روش‌های مختلفی برای افزایش ماندگاری خرما وجود دارد که می‌توان به روش پرتودهی و اصلاح بسته‌بندی اشاره کرد. این پژوهش به بررسی تأثیر ترکیب روش‌های بسته‌بندی و پرتودهی با پرتو گاما بر شاخص‌های حسی خرمای رقم شاهانی می‌پردازد. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل تیمار ۱: شاهد (بسته‌بندی وکیوم)، تیمار ۲: بسته‌بندی وکیوم به‌همراه پرتودهی با پرتو گاما با دز ۴ کیلوگری، تیمار ۳: بسته‌بندی وکیوم به‌همراه پرتودهی با پرتو گاما با دز ۶ کیلوگری می‌باشند. نتایج ارزیابی‌های حسی نمونه‌های نگهداری‌شده در دمای اتاق در ماه‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ پس از شروع آزمایش نشان داد که تیمار بسته‌بندی وکیوم با ۴ کیلوگری پرتو گاما بعد از ۲۴ ماه، بالاترین امتیاز و ماندگاری را داشته است.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:
نوع مقاله: علمی پژوهشی
دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۰
بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۷
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵
ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

کلیدواژه‌ها:
خرمای شاهانی
پرتودهی با پرتو گاما
بسته‌بندی وکیوم
افزایش ماندگاری

استناد: رضانژاد، رضا، نعمت الهی، محمدعلی، اجاق، سیدمهدی، موسوی، سیدحسن، اثر پرتودهی و بسته‌بندی بر افزایش ماندگاری خرمای شاهانی جیره عملیاتی انفرادی، نشریه علوم و فنون بسته بندی، دوره ۱۶، شماره ۳، صفحات ۱۱-۱، ۱۴۰۴. DOI: https://doi.org/10.47176/packaging.2026.1238

© نویسنده(گان) حق نشر و حقوق کامل انتشار را برای خود محفوظ می‌دارند.

OPEN ACCESS

ناشر: دانشگاه جام امام حسین(ع).

۱- مقدمه

لازمه امنیت ملی و اقتدار نظامی، وجود نیروی انسانی سالم و فعال است که بتواند در بالاترین سطح از کارایی و شادابی با تکیه بر قدرت ایمان و سلامت جسم و روان به دفاع از کشور، دین و ارزش‌های انقلابی جامعه بپردازد. این موضوع در شرایط جنگ از اهمیت مضاعفی برخوردار است و یکی از مهم‌ترین مسائل این مهم، تغذیه نیروهای مسلح نظامی و رزمندگان می‌باشد. به علت حساسیت جیره عملیاتی به رطوبت و اکسیژن، باید این موارد از محیط محصول، قبل و یا حین بسته‌بندی حذف و در طول مدت‌زمان انبارداری هم کنترل شوند. بر این اساس استفاده از روش‌های مناسب فراوری و بسته‌بندی برای جیره‌های عملیاتی به‌منظور افزایش ماندگاری آنها دارای اهمیت می‌باشد.

از نظر نظامی، جیره مقدار غذای کافی برای یک فرد نظامی در یک روز است. جیره عملیاتی یک اصطلاح کلی برای جیره های مورد استفاده در مناطق عملیاتی و جنگی می‌باشد. سلامت میکروبی، ارزش تغذیه‌ای و پایداری اکسیداتیو از عوامل مهم در تهیه چنین محصولی با زمان ماندگاری طولانی‌مدت در شرایط نامناسب می‌باشد. از آنجایی که جیره‌های عملیاتی در شرایط دمایی و رطوبتی بسیار متنوع استفاده می‌شوند، در نتیجه بسته‌بندی این محصولات باید توانایی مقاومت در برابر دامنه وسیعی از دما و ضربه‌های فیزیکی را داشته باشند و بتوانند محصول را برای مدت‌زمان زیادی بدون ایجاد آلودگی میکروبی، فساد شیمیایی و کاهش ارزش تغذیه‌ای حفظ کنند [۱].

بسته‌بندی مواد غذایی نقش چندوجهی در حفظ کیفیت، ایمنی و ماندگاری محصولات ایفا می‌کند. نخستین کارکرد آن، محافظت فیزیکی در برابر آسیب‌های مکانیکی، نفوذ رطوبت، اکسیژن، نور و آلودگی میکروبی است که از فساد شیمیایی و بیولوژیکی جلوگیری می‌کند [۲،۳،۵]. بسته‌بندی با ایجاد محیطی کنترل‌شده مانند بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده، اکسیداسیون لیپیدها و رشد میکروارگانیسم‌ها را کاهش و عمر مفید محصول را افزایش می‌دهد[۴، ۵]

کاهش کیفیت و غیرقابل‌مصرف‌شدن جیره‌های غذایی، در نتیجه دو عامل اتفاق میفتد که شامل موارد زیر است:

- فساد مواد غذایی: به‌عنوان پیدایش تغییرات نامطلوب و زیان‌بخش در مواد غذایی
- آلودگی مواد غذایی: ورود و اضافه‌شدن عوامل بیماری‌زا و نامطلوب به مواد خوراکی

برای افزایش ماندگاری اقلام غذایی، شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت و غیرقابل‌مصرف‌شدن آن اقلام بسیار مهم است که به‌طورکلی به دو گروه داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شوند:

- داخلی (اسیدیته (pH)، آب آزاد موجود، محتوای ماده غذایی، ساختار فیزیکی و ساختمان بیولوژیکی غذا)
- خارجی (دمای محیط، رطوبت نسبی محیط، ترکیب اتمسفر محیط، نور و مدت‌زمان نگهداری)

به‌طورکلی افزایش ماندگاری اقلام غذایی، حاصل و نتیجه شناسایی عوامل فساد و حذف یا کنترل عوامل فساد می‌باشد. برای افزایش ماندگاری اقلام غذایی، امروزه روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان به روش‌های فیزیکی (مثل حرارت‌دهی، سردکردن؛ خشک‌کردن، پرتودهی و ...) و روش‌های شیمیایی (مثل استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی و مصنوعی، اسیدی کردن، دودی کردن و...) اشاره کرد.

خشکبار به دلیل دارا بودن ترکیبات مغذی و فیبر رژیمی بالا به‌عنوان یک ماده غذایی بسیار مغذی و سالم شناخته شده است که بیشتر به‌صورت خشک مصرف می‌شود [۶،۷]. فراورده‌های خشکبار معمولاً به صورت سنتی و با قراردادن در معرض نور آفتاب خشک می‌شوند که در این شرایط در معرض آلودگی‌های میکروبی می‌باشند. به دلیل فواید متعدد خشکبار، جیره‌های غذایی عملیاتی معمولاً حاوی چند نوع خشکبار هستند که از آن قبیل می‌توان به خرما، انجیر، بادام و قیسی اشاره کرد. در این تحقیق از روش پرتودهی با پرتو گاما و همچنین اصلاح بسته‌بندی به‌منظور افزایش ماندگاری خرما استفاده شد.

خرما[1] به‌عنوان یک محصول راهبردی و با ارزش در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، منبع غنی از کربوهیدرات‌ها، فیبر، مواد معدنی و ویتامین‌ها محسوب می‌شود [۸]. ایران با تولید سالانه بیش از یک میلیون تن از ارقام مختلف، از جمله کشورهای پیشرو در تولید و صادرات این محصول به شمار می‌رود [۹]. خرمای شاهانی یکی از ارقام خرمای بسیار لذیذ در ایران است که میوه آن کشیده و دارای نوکی باریک و رنگ آن قهوه‌ای روشن می‌باشد. با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در مسیر نگهداری بلندمدت خرما، فسادپذیری آن در اثر فعالیت‌های میکروبی و همچنین واکنش‌های شیمیایی و آنزیمی است که به شدت بر کیفیت حسی، بازارپسندی و ماندگاری محصول تأثیر منفی می‌گذارد [۱۰،۱۱].

روش‌های مختلفی برای افزایش ماندگاری خرما مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله آنها می‌توان به پاستوریزاسیون حرارتی،

[1] Phoenix dactylifera

استفاده از مواد نگهدارنده شیمیایی، بسته‌بندی در اتمسفر تغییریافته و بسته‌بندی وکیوم اشاره کرد. اما هر یک از این روش‌ها محدودیت‌های خود را دارند. به‌عنوان‌مثال، فراوری حرارتی می‌تواند منجر به کاهش کیفیت حسی و ایجاد تغییر در بافت و طعم محصول شود و از سوی دیگر، تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات عاری از مواد نگهدارنده شیمیایی روزبه‌روز در حال افزایش است [۱۲].

در این راستا، فناوری پرتودهی مواد غذایی به‌عنوان یک روش فیزیکی، غیرحرارتی و ایمن برای ازبین‌بردن عوامل بیماری‌زا و عوامل فاسد کننده و حشرات مورد تأیید سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان بهداشت جهانی، سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد و سازمان غذا و داروی آمریکا قرار گرفته است [۱۳]. پرتودهی با پرتو گاما با استفاده از پرتوهای یون‌ساز، با آسیب رساندن به DNA میکروارگانیسم‌ها و سلول‌ها، آنها را غیرفعال می‌کند یا از بین می‌برد و در نتیجه، فساد را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد [۱۴]. مطالعات متعددی اثربخشی این روش را در افزایش ماندگاری میوه‌هایی مانند توت‌فرنگی [۱۵]، انبه [۱۶] و همچنین خرما [۱۷] نشان داده‌اند. مثال، پژوهش‌های زربخش و همکاران نشان داد که پرتودهی با پرتو گاما با دز ۳ کیلوگری[۱] (kGy) توانست بار میکروبی خرما را به طور معناداری کاهش دهد [۱۸].

پرتودهی به‌عنوان یک روش فیزیکی و غیرحرارتی، با استفاده از پرتوهای یون‌ساز (مانند پرتو گاما، باریکه‌های الکترونی و پرتو ایکس) یا غیریون‌ساز (مانند پرتو فرابنفش و مایکروویو) انجام می‌شود. در مورد خرما، پرتودهی با پرتو گاما به دلیل نفوذپذیری بالا و کارایی در کاهش بار میکروبی، بیشترین کاربرد را دارد. معمولاً از چشمه کبالت-۶۰ برای تولید پرتو گاما استفاده می‌شود. دزهای مورد استفاده در پرتودهی خرما معمولاً بین ۰٫۵ تا ۵ کیلوگری متغیر است که بسته به رقم خرما، میزان آلودگی اولیه و هدف از پرتودهی (ضدعفونی، کاهش بار میکروبی یا افزایش ماندگاری) انتخاب می‌شود [۱۹،۲۰].

با این حال، انتخاب دز بهینه پرتودهی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا دزهای بسیار بالا می‌توانند باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در طعم، بو، رنگ و بافت محصول شوند [۲۱]. از طرفی دیگر، بسته‌بندی وکیوم به‌عنوان یک روش مکمل، با حذف اکسیژن از محیط بسته‌بندی، از دو مکانیسم فساد مهم یعنی اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروارگانیسم‌های هوازی جلوگیری می‌کند [۲۲]. ترکیب این دو روش (پرتودهی و بسته‌بندی وکیوم) می‌تواند اثر هم‌افزایی داشته باشد و امکان استفاده از دزهای پایین‌تر پرتودهی را فراهم آورد که این خود منجر به حفظ بهتر کیفیت حسی محصول نهایی می‌شود [۲۳].

اگرچه تحقیقاتی در زمینه پرتودهی خرما انجام شده است؛ اما مطالعات معدودی به بررسی تأثیر همزمان پرتودهی با پرتو گاما و بسته‌بندی وکیوم بر شاخص‌های حسی خرمای شاهانی که از ارقام مهم تجاری ایران است، پرداخته‌اند. ارزیابی حسی به‌عنوان یک معیار قطعی برای پذیرش نهایی محصول توسط مصرف‌کننده، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت یک تیمار نگهداری دارد [۲۴].

بر این اساس، هدف اصلی از این پژوهش، بررسی اثر تیمار ترکیبی بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با پرتو گاما با دو دز ۴ و ۶ کیلوگری بر شاخص‌های کیفی حسی شامل بو، طعم، رنگ و قابلیت پذیرش کلی خرمای جیره عملیاتی انفرادی در مقایسه با نمونه شاهد (فقط بسته‌بندی وکیوم) بود تا بتوان با شناسایی بهترین تیمار، گامی در جهت افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت این محصول با ارزش برداشت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. خرمای رقم شاهانی تازه در فصل برداشت از بازار تهیه و بر اساس معیارهای یکنواختی از نظر اندازه، درجه رسیدگی و عدم وجود آسیب‌های فیزیکی و آلودگی‌های ظاهری انتخاب شدند. پس از جداسازی خرماهای مناسب از داخل آن و همچنین شستشوی مختصر با آب مقطر و خشک کردن، بسته‌بندی در فیلم‌های تهیه‌شده به صورت وکیوم و به میزان ۵۰ گرم در هر بسته انجام شد. به‌منظور انجام پرتودهی با چشمه کبالت -۶۰، در ۲ کارتن بزرگ در هر کارتن تعداد ۳۵ بسته قرار داده و به شرکت گاماتک که در حوزه پرتودهی با پرتو گاما فعال می‌باشد، ارسال شدند. نمونه‌های آزمایش شامل تیمار ۱: شاهد (بسته‌بندی وکیوم)، تیمار ۲: بسته‌بندی وکیوم به‌همراه ۴ کیلوگری پرتو گاما، تیمار ۳: بسته‌بندی وکیوم به همراه ۶ کیلوگری پرتوگاما بودند. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی وکیوم و انجام پرتودهی، در انبار (دمای اتاق) نگهداری شدند و در ماه‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ نمونه‌برداری انجام و پس از مصرف توسط افراد از نظر حسی ارزیابی شدند.

[۱] گری ((gray (Gy)): واحد دز پرتو یون‌ساز در سیستم بین‌المللی واحدها (SI) و عبارتست از جذب یک ژول انرژی پرتو در یک کیلوگرم از ماده

شکل (۱): بسته‌بندی وکیوم خرمای شاهانی با فیلم‌های تهیه‌شده

۲-۲- اندازه گیری میکروبی نمونه‌ها قبل و پس از پرتودهی

از بسته‌های آماده‌شده خرمای شاهانی در تیمارهای مختلف پس از بسته‌بندی و اعمال پرتو گاما با دز مورد نظر، نمونه‌هایی به‌منظور تعیین بار میکروبی آن انتخاب و به آزمایشگاه میکروبیولوژی انتقال داده شدند. اندازه‌گیری میزان بار میکروبی کل، میزان مخمر و کپک، تعداد باکتری انتروباکتریاسه، تعداد اسپور باکتری‌ها و تعداد باکتری اشریشیا کلای طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۴۴ سال ۱۳۹۷ انجام شد [۲۴].

۲-۳- اندازه گیری شاخص‌های حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی شامل بو، طعم، رنگ و قابلیت پذیرش کلی بر اساس روش هدونیک [1] ۱۰ نقطه‌ای توسط پانل ۱۰ نفره از ارزیابان آموزش‌دیده مرد و نیمه متخصص (دانشجویان رشته کشاورزی و علوم و صنایع غذایی) که از نظر تشخیص بو و طعم سالم بودند، انجام شد. آموزش پانل شامل آشنایی با ویژگی‌های خرما و شاخص‌های مورد ارزیابی در جلسات متعدد بود. ارزیابی در کابین‌های جداگانه و تحت نور سفید انجام شد. نمونه‌ها به صورت کدگذاری شده و به شکل تصادفی در اختیار ارزیابان قرار داده شدند. از ارزیابان خواسته شد بر اساس روش هدونیک ۱۰ نقطه‌ای به نمونه‌ها امتیاز دهند. از آب معدنی بین ارزیابی نمونه‌های مختلف برای پاکسازی حواس چشایی استفاده شد. امتیاز ۱۰، بالاترین امتیاز و به معنای رضایت کامل از شاخص‌های حسی و امتیاز ۱، کم‌ترین امتیاز و به معنای نارضایتی کامل است. حداقل امتیاز قابل‌قبول برای پذیرش نمونه‌ها، میانگین ۶ می‌باشد [۲۶].

[1] hedonic

۲-۴- تجزیه و تحلیل‌های آماری

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. باتوجه به شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری‌شده، مبنای تصمیم‌گیری در مورد پذیرش یا عدم پذیرش نمونه‌ها، کسب امتیاز میانگین حداقل ۶ از ارزیابی‌کنندگان بود.

۳- نتایج

۳-۱- نتایج بار میکروبی نمونه‌های خرمای شاهانی

میزان بار میکروبی کل، مخمر و کپک، انتروباکتریاسه، اسپور باکتری‌ها و باکتری اشریشیا کلای نمونه‌ها در جدول (۱) گزارش شده است. طبق نتایج، در تمامی این شاخص‌ها بار میکروبی پس از پرتودهی به صورت مؤثری کاهش پیدا کرده است که این بیانگر اثر فوق‌العاده پرتو گاما می‌باشد. در مقایسه بین تیمارهای مختلف اثر ضد میکروبی دز ۶ کیلوگری، طبق پیش‌بینی بیشتر از دز ۴ کیلوگری می‌باشد. همچنین نتایج بار میکروبی نمونه شاهد، بیانگر بار میکروبی بیشتر نمونه قبل از پرتودهی (شاهد) است.

جدول (۱): نتایج بار میکروبی تیمارهای مختلف

شاخص	تعداد نمونه	CFU میانگین شاهد	CFU میانگین تیمار ۴ kGy	CFU میانگین تیمار ۶ kGy
بارمیکروبی کل	۳	۱۱۰۶۶	۷۵۰	۹۸۰
مخمر و کپک	۳	۱۰۶۴۹	۸۰	۹۹
انتروباکتریاسه	۳	۱۰۰	۲۴	۸
اسپور باکتری	۳	۱۰	۷٫۳۳	۳٫۳۳
اشرشیا کلای	۳	۰	۰	۰

۳-۲- نتایج ارزیابی حسی رنگ خرمای شاهانی

نتایج ارزیابی شاخص حسی رنگ در جدول (۲) آمده است. در ابتدای دوره نگهداری (ماه ۶)، تمامی تیمارها امتیاز بالایی را کسب کردند که نشان‌دهنده کیفیت مطلوب اولیه نمونه‌ها است. با این حال، تیمار ۴ کیلوگری بالاترین امتیاز را در بین تیمارها داشت. این برتری را می‌توان به اثر پاستوریزاسیون سرد پرتو گاما نسبت داد که با کاهش جمعیت اولیه میکروارگانیسم‌ها و کپک‌ها، فرایندهای فساد که منجر به تیرگی یا تغییر رنگ می‌شوند را به تأخیر می‌اندازد [۲۶،۱۷]. نکته بسیار مهم، روند کاهشی کندتر امتیاز رنگ در نمونه‌های پرتودهی‌شده در مقایسه با تیمار شاهد است. به‌طوری‌که پس از ۲۴ ماه نگهداری، امتیاز رنگ در تیمار شاهد به ۰٫۸۴ ± ۵٫۹ کاهش یافت

که نزدیک به آستانه مرز عدم پذیرش است. در مقابل، تیمار ۴ کیلوگری حتی در پایان ماه ۲۴، با امتیاز ۰/۵ ± ۷/۵ بالاترین امتیاز را حفظ کرد و در محدوده کاملاً قابل‌قبول قرار گرفت.

جدول (۲): اثر تیمارهای مختلف و زمان بر امتیاز حسی رنگ

زمان / تیمار	ماه ۶	ماه ۱۲	ماه ۱۸	ماه ۲۴
شاهد	± ۸/۷۵ ۰/۹۲	± ۷/۱۱ ۰/۷۵	±۶/۵۳ ۰/۶۷	۵/۹۱ ۰/۸۴±
تیمار ۴ کیلوگری	۹/۲۰ ۰/۵۹±	± ۸/۵۸ ۰/۶۵	± ۸/۱۸ ۰/۳۸	± ۷/۵۳ ۰/۵
تیمار ۶ کیلوگری	± ۸/۸۳ ۰/۶۲	± ۸/۹۱ ۰/۵۷	± ۷/۲۶ ۰/۵۹	± ۶/۸۵ ۰/۷۱

این نتیجه به وضوح اثربخشی هم‌افزایی ترکیب بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با دز ۴ کیلوگری را در جلوگیری از تغییرات رنگی نامطلوب، که عمدتاً ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی (میلارد) و نیز رشد میکروبی است، نشان می‌دهد [۲،۱۶]. بسته‌بندی وکیوم با حذف اکسیژن، سوبسترای اصلی این واکنش‌ها را حذف می‌کند و پرتودهی نیز با غیرفعال کردن آنزیم‌های مسئول (مانند پلی‌فنل اکسیداز) و نیز کاهش بار میکروبی، به حفظ رنگ اصلی محصول کمک شایانی می‌کند [۲۲،۱۶].

نکتهٔ قابل تأمل این است که تیمار ۶ کیلوگری در ماه‌های اولیه (۱۲-۶) عملکردی مشابه با تیمار ۴ کیلوگری داشت؛ اما با گذشت زمان، روند کاهشی کیفیت رنگ در این تیمار، شیب تندتری پیدا کرد. به‌طوری که در ماه ۲۴، امتیاز آن ۰/۷۱ ± ۶/۸ به‌طور معناداری کمتر از تیمار ۴ کیلوگری بود. این موضوع ممکن است ناشی از اثرات مخرب بالقوه دزهای بالاتر پرتو باشد که ممکن است به ساختارهای سلولی آسیب زند و با تجمع محصولات تجزیه‌ای عوامل فساد، در درازمدت موجب تغییر رنگ یا ایجاد طعم و بوی ثانویه نامطلوب شود [۲۱]. این یافته نشان می‌دهد که استفاده از دزهای بالاتر پرتو، لزوماً به معنای ماندگاری بیشتر نیست و می‌تواند اثرات معکوس نیز داشته باشد، چنانکه طبق استانداردهای ملی و بین‌المللی هم، حداکثر میزان دز مجاز پرتودهی برای مواد غذایی ۱۰ کیلوگری تعیین شده است.

۳-۳- نتایج ارزیابی حسی بوی خرمای شاهانی

نتایج ارزیابی شاخص حسی بوی خرما در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳): اثر تیمارهای مختلف و زمان بر امتیاز حسی بو

زمان / تیمار	ماه ۶	ماه ۱۲	ماه ۱۸	ماه ۲۴
شاهد	± ۸/۵۲ ۰/۷۶	± ۶/۸۴ ۰/۶۹	±۶/۷۷ ۰/۵۶	۵/۵۰ ۰/۷۲±
۴ کیلوگری	۹/۳۳ ۰/۳۴±	± ۸/۸۱ ۰/۷۱	± ۷/۹۴ ۰/۴۹	± ۷/۵۲ ۰/۴۶
۶ کیلوگری	± ۹/۱۶ ۰/۵۱	± ۸/۷۳ ۰/۷	± ۷/۱۸ ۰/۹۳	± ۶/۲۵ ۰/۴۱

نتایج ارزیابی بو در انتهای ماه ۶، در همه تیمارها بیشتر از ۸/۵ بود که بیانگر کیفیت مطلوب اولیه نمونه‌ها است و در این بین تیمار ۴ کیلوگری بالاترین امتیاز را داشت. این برتری را می‌توان به اثر ضد میکروبی پرتو گاما نسبت داد که با کاهش جمعیت اولیه میکروارگانیسم‌ها، از تولید متابولیت‌های بودار جلوگیری می‌کند [۱۳]. با گذر زمان نتایج روند کاهشی کندتر امتیاز بو در نمونه‌های پرتودهی‌شده در مقایسه با تیمار شاهد را نشان می‌دهد. پس از ۲۴ ماه نگهداری، امتیاز بو در تیمار شاهد به ۰/۷۲ ± ۵/۵۰ کاهش یافت که نشان‌دهنده ایجاد بوهای نامطلوب است. در مقابل، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۰/۴۶ ± ۷/۵۲ بالاترین امتیاز را حفظ کرد. این نتیجه اثربخشی ترکیب بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با دز ۴ کیلوگری را در جلوگیری از ایجاد بوهای نامطلوب ناشی از اکسیداسیون لیپیدها و فعالیت میکروبی نشان می‌دهد [۲۲]. یافته‌های این پژوهش با نتایج سایر مطالعات همخوانی دارد. زربخش و همکاران در پژوهش خود روی خرما رقم استعمران گزارش کردند که پرتودهی با پرتو گاما با دز ۳ کیلوگری به طور معناداری باعث حفظ بهتر عطر و بوی محصول در طول انبارمانی شد [۱۸]. به طور مشابه زربخش و رستگار نشان دادند که پرتودهی با پرتو گاما با دز ۲-۳ کیلوگری به خوبی توانسته بود از ایجاد بوهای نامطلوب در خرما جلوگیری کند [۱۷].

حسین و همکاران نیز در بررسی اثر پرتودهی بر توت‌فرنگی گزارش کردند که پرتودهی با پرتو گاما با دز ۲ کیلوگری به میزان قابل‌توجهی از تولید ترکیبات بودار ناشی از فساد میکروبی جلوگیری

کرده است. این یافته با نتایج پژوهش حاضر که برتری تیمار ۴ کیلوگری را نشان می‌دهد، همسو است [۷].

۳-۴- نتایج ارزیابی حسی طعم خرمای شاهانی

نتایج ارزیابی شاخص حسی طعم خرمای شاهانی در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۴): اثر تیمارهای مختلف و زمان بر امتیاز حسی طعم

زمان / تیمار	ماه ۶	ماه ۱۲	ماه ۱۸	ماه ۲۴
شاهد	۸٫۳۶ ± ۰٫۰۶	۷٫۹۹ ± ۰٫۷۸	۶٫۹۰± ۰٫۸۳	۶٫۰۹ ۰٫۱۸±
۴ کیلوگری	۹٫۴۱ ۰٫۶۳±	۸٫۳۲ ± ۰٫۳۷	۶٫۹۹ ± ۰٫۶۵	۷٫۵۵ ± ۰٫۹۹
۶ کیلوگری	۹٫۰۴ ± ۰٫۳۱	۸٫۵۲ ± ۰٫۶۲	۷٫۴۴ ± ۰٫۶۱	۶٫۸۶ ± ۰٫۴۹

نتایج حاکی از آن است که در پایان دوره ۲۴ ماهه، فقط تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۰٫۹۹ ± ۷٫۵۵ در محدوده قابل‌قبول (امتیاز ≤ ۶) قرار گرفت. تیمار شاهد با امتیاز ۰٫۱۸ ± ۶٫۰۹ در مرز پذیرش و تیمار ۶ کیلوگری با امتیاز ۰٫۴۹ ± ۶٫۸۶ هرچند بالاتر از حداقل قابل‌قبول بودند؛ اما به طور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از تیمار ۴ کیلوگری قرار گرفتند. برتری تیمار ۴ کیلوگری در حفظ طعم مطلوب را می‌توان به توانایی این دز بهینه در کنترل جمعیت میکروارگانیسم‌های فاسدکننده بدون ایجاد تغییرات نامطلوب در ترکیبات طعم‌زا نسبت داد. مطالعات زربخش و همکاران نشان داده است که دزهای متوسط پرتودهی با پرتو گاما (۳-۴ کیلوگری) قادر به مهار فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده قندها و اسیدهای آلی بدون ایجاد طعم ثانویه نامطلوب هستند [۱۷]. یافته‌های این تحقیق با نتایج ماهتو و همکاران که اثر پرتودهی بر طعم آب انبه را بررسی کرده بودند، همسو است. آنها گزارش کردند که دز ۲ کیلوگری به بهترین نحو طعم محصول را حفظ کرد [۱۶]. همچنین زربخش و همکاران در مطالعه بر روی خرما رقم استعمران به نتایج مشابهی دست یافتند. با توجه به اینکه فقط تیمار ۴ کیلوگری پس از ۲۴ ماه نگهداری توانست امتیاز طعم بالاتر از ۷ را حفظ کند، می‌توان این تیمار را به‌عنوان روش بهینه برای حفظ کیفیت حسی خرما معرفی کرد [۱۸]. این یافته از جنبه صنعتی حائز اهمیت است و می‌تواند زمینه‌ساز توسعه روش‌های نوین نگهداری محصولات باغی باشد.

۳-۵- نتایج ارزیابی حسی- قابلیت پذیرش کلی خرمای شاهانی

نتایج ارزیابی شاخص حسی قابلیت پذیرش کلی خرمای شاهانی در جدول (۵) آمده است. نتایج ارزیابی قابلیت پذیرش کلی خرمای شاهانی در طول دوره ۲۴ ماهه نگهداری نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر حفظ کیفیت محصول داشته‌اند. در ماه ۶، همه تیمارها از امتیاز بالایی (امتیاز ≤ ۸٫۹) برخوردار بودند که نشان‌دهنده کیفیت اولیه مطلوب محصول است. تیمار ۶ کیلوگری با امتیاز ۰٫۵۳ ± ۹٫۶۰ بالاترین امتیاز را در این مرحله کسب کرد. با گذشت زمان، روند کاهشی در امتیازات همه تیمارها مشاهده شد. در ماه ۱۲، تیمار ۶ کیلوگری با امتیاز ۰٫۷۵ ± ۸٫۸۹ همچنان بالاترین امتیاز را حفظ کرد. در ماه ۱۸، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۰٫۴۸ ± ۷٫۸۴ عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. در پایان دوره ۲۴ ماهه، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۰٫۷۴ ± ۷٫۵۱ به‌طور معناداری بالاترین امتیاز را کسب کرد. تیمار شاهد با امتیاز ۰٫۳۵ ± ۶٫۶۹ و تیمار ۶ کیلوگری با امتیاز ۰٫۲۸ ± ۶٫۴۸ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که تیمار ۴ کیلوگری در بلندمدت بهترین عملکرد را در حفظ قابلیت پذیرش کلی خرما داشته است.

مقایسه این نتایج با مطالعات مشابه نشان می‌دهد که یافته‌های حاضر با نتایج زربخش و همکاران (۲۰۱۹) و حسین و همکاران (۲۰۱۱) و زربخش و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد. این محققان نیز به برتری دزهای متوسط پرتودهی در حفظ کیفیت محصولات غذایی اشاره کرده‌اند [۷،۱۷،۱۸].

جدول (۵): اثر تیمارهای مختلف و زمان بر امتیاز قابلیت پذیرش کلی

زمان / تیمار	ماه ۶	ماه ۱۲	ماه ۱۸	ماه ۲۴
شاهد	۸٫۹۳ ± ۰٫۱۷	۸٫۰۳ ± ۰٫۵۹	۷٫۶۰± ۰٫۳۹	۶٫۶۹ ۰٫۳۵±
۴ کیلوگری	۹٫۵۰ ۰٫۷۳±	۸٫۸۵ ± ۰٫۳۸	۷٫۸۴ ± ۰٫۴۸	۷٫۵۱ ± ۰٫۷۴
۶ کیلوگری	۹٫۶۰ ± ۰٫۵۳	۸٫۸۹ ± ۰٫۷۵	۷٫۹۲ ± ۰٫۷۴	۶٫۴۸ ± ۰٫۲۸

به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار ترکیبی بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با پرتو گاما با دز ۴ کیلوگری مؤثرترین روش برای حفظ

قابلیت پذیرش کلی خرمای شاهانی در دوره‌های طولانی نگهداری است. این تیمار توانسته است با کنترل فساد میکروبی و جلوگیری از اکسیداسیون، کیفیت محصول را به طور مطلوب حفظ کند.

۴- جمع‌بندی

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تیمار ترکیبی بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با پرتو گاما بر افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت حسی خرما رقم شاهانی جیره عملیاتی انفرادی انجام شد. یافته‌های حاصل از ارزیابی شاخص های حسی در طول دوره ۲۴ ماهه نگهداری نشان داد که تیمارها اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های کیفی محصول دارند.

در مورد شاخص رنگ، تیمار ۴ کیلوگری با کسب امتیاز ۷/۵۳ در ماه ۲۴ بهترین عملکرد را در حفظ رنگ مطلوب خرما نشان داد. این تیمار توانست به طور مؤثری از تغییرات رنگی ناشی از واکنش های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی جلوگیری کند.

در مورد شاخص بو، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۷/۵۲ در پایان دوره ۲۴ ماهه، بهترین عملکرد را در حفظ عطر و بوی مطلوب محصول نشان داد. این تیمار با کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها، از ایجاد بوهای نامطلوب پیشگیری کرد.

در مورد شاخص طعم، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۷/۵۵ بهترین عملکرد را در حفظ طعم مطلوب خرما نشان داد. این تیمار توانست به خوبی از تغییرات نامطلوب در ترکیبات طعم‌زا جلوگیری کند.

در مورد شاخص قابلیت پذیرش کلی، تیمار ۴ کیلوگری با امتیاز ۷/۵۱ به‌عنوان بهترین تیمار شناسایی شد. این تیمار توانست همه ویژگی‌های حسی را به طور همزمان در سطح مطلوب حفظ کند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که تیمار ترکیبی بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با پرتو گاما با دز ۴ کیلوگری به‌عنوان یک روش بهینه و کارآمد، قادر است ضمن افزایش ماندگاری خرمای شاهانی تا ۲۴ ماه، کیفیت حسی محصول را در سطح قابل‌قبولی حفظ کند. این روش می تواند به‌عنوان یک راهکار عملی در صنایع غذایی و برای افزایش ماندگاری محصولات باغی مورد استفاده قرار گیرد. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از دزهای بهینه پرتودهی در ترکیب با بسته‌بندی وکیوم می‌تواند اثرات هم‌افزایی [1] مطلوبی در حفظ کیفیت محصولات غذایی داشته باشد. بر پایه این نتایج، می‌توان ادعا کرد که تیمار ترکیبی بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با پرتو گاما با دز ۴ کیلوگری به‌عنوان یک روش بهینه، به‌طور مؤثری قادر به حفظ عطر و بوی مطلوب خرمای شاهانی در طول دوره نگهداری ۲۴ ماهه است. این تیمار باتوجه‌به کسب امتیاز بالای ۷ حتی پس از دو سال نگهداری، بهترین گزینه برای افزایش ماندگاری این محصول ضمن حفظ کیفیت حسی آن می‌باشد.

۵- پیشنهادات

با توجه به یافته‌های این پژوهش که نشان داد ترکیب بسته‌بندی وکیوم و پرتودهی با دز ۴ کیلوگری پرتو گاما بهترین روش برای حفظ کیفیت حسی و افزایش ماندگاری خرمای شاهانی تا ۲۴ ماه است، پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

- بررسی اثر پرتوگاما بر سایر ارقام خرما و خشکبار رایج در جیره‌های عملیاتی (مانند انجیر، قیسی، بادام)
- مطالعه بر روی دزهای پایین‌تر پرتو گاما (کمتر از ۴ کیلوگری) به همراه بسته‌بندی پیشرفته (مانند اتمسفر اصلاح‌شده) برای کاهش احتمالی اثرات پرتودهی بر ویژگی‌های حسی.
- ارزیابی تغییرات شیمیایی و تغذیه‌ای (مانند ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها) در طول نگهداری تحت این تیمار.

۶- مراجع

[1] Institute of Medicine, "High-Energy, Nutrient-Dense Emergency Relief Food Product". Washington, DC: The National Academies Press. 2002. https://doi.org/10.17226/10347.

[2] K. Marsh & B. Bugusu. "Food packaging—roles, materials, and environmental issues," Journal of Food Science, vol. 72, Issue 3, pp. 39-55, 2007 . https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x.

[۳] فرجی، سمانه. اکبریان، محمد جواد. حبیبی، مسعود. بررسی انواع سیستم های بسته‌بندی ضدمیکروبی، مجله علوم و فناوری بسته‌بندی، دوره ۱۴، شماره ۵۶، صفحه ۶۳-۷۸، ۱۴۰۲.

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286675.1402.14.56.6.6

[4] A. A. Kader, D. Zagory, E. L. Kerbel. "Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables," Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Volume 28, Issue 1, pp. 1-30, 2009. https://doi.org/10.1080/10408398909527490.

[۵] رضانژاد، رضا. اجاق، سیدمهدی. حسینی، سیدولی. بررسی اثر پوشش‌دهی با یخ و بهینه‌سازی فرآیند گلیزینگ تحت دماهای فوق‌سرد بر کیفیت فیله منجمد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. مجله علوم و فناوری بسته‌بندی، دوره ۱۴، شماره ۶۱، صفحه ۳۱-۳۷، ۱۴۰۴.

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286675.1404.16.61.4.8

[6] F. Karbancıoğlu-Güler & D. Heperkan. "Natural occurrence of ochratoxin A in dried figs," Analytica chimica acta, vol. 617, Issue 1, pp. 32-6. 2008. https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.01.009.

[7] P. R. Hussain, R. S. Meena, M. A. Dar, A. M. Wani. "Gamma irradiation of sun-dried apricots (Prunus armeniaca L.) for quality maintenance and quarantine purposes," Radiation Physics and Chemistry, vol. 80, Issue 7, pp. 817-827, 2011. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2011.02.029.

[8] M. A. Farag, N. Hegazi, E. Dokhalahy, A. R. Khattab. "Chemometrics based GC-MS and ATR-FTIR for discrimination of eight Egyptian date fruit varieties: A comparative study," Food Chemistry, vol. 331, Issue 1. 2020. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127358

[۹] آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی سال ۱۴۰۱. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی.

[10] S. A. Ibrahim, A. A. Amira, L. Leonard, D. Raphael, R. Gyawali, A. Krastanov, O. S. Aljaloud. "Date fruit: a review of the chemical and nutritional compounds, functional effects and food application in nutrition bars for athletes," international Journal of Food Science and Technology, vol. 56, Issue 4, pp. 1503–1513. 2021.

[1] Synergism

https://doi.org/10.1111/ijfs.14783
[11] s. h. hamad. "Microbial Spoilage of Date Rutab Collected from the Markets of Al-Hofuf City in the Kingdom of Saudi Arabia," Journal of Food Protection, vol. 71, Issue 7, pp. 1406–1411. 2008. http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X-71.7.1406.
[12] M. Maqbool, A. Ali, P. G. Alderson. "A combination of gum arabic and chitosan can control anthracnose caused by Colletotrichum musae in banana fruit," The Journal of Horticultural Science & Biotechnology. vol. 85 Issue 5: pp. 432-436. 2010. http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2010.11512693.
[13] J. Farkas & C. Mohácsi-Farkas. "History and future of food irradiation,"Trends in Food Science & Technology. Trends in Food Science & Technology, vol. 22, Issues 2–3, pp. 121-126. 2011. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.04.002
[14] P. B. Roberts. "Food irradiation: Standards, regulations and world-wide trade," Radiation Physics and Chemistry, vol. 129, pp. 30-34. 2016. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.06.005.
[15] A, wani, P. R. hussain, R. S. Meena, M. A. Dar. "Effect of gamma-irradiation and refrigerated storage on the improvement of quality and shelf life of pear," Radiation Physics and Chemistry vol. 77, Issues 8, pp. 983-989. 2008. http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2008.04.005.
[16] R, Mahto & M. Das. "Effect of gamma irradiation on the hysicochemical and sensory properties of mango (Mangifera indica L.) juice," Postharvest Biology and Technology, vol. 86, pp. 447-455. 2013. http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.018.
[17] S. Zarbakhsh, S. Rastegar. "Influence of postharvest gamma irradiation on the antioxidant system, microbial and shelf life quality of three cultivars of date fruits (Phoenix dactylifera L.)," Scientia Horticulturae, vol. 247, pp. 275-286. 2019. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.035

[۱۸] زربخش، سعیده. رستگار، سمیه. جوادپور، صدیقه. ارزیابی تأثیر پرتوگاما بر آلودگی میکروبی و شاخص‌های کیفی سه رقم خرما (Phoenix dactylifera L) در مدت انبارمانی. نشریه علوم باغبانی ایران. دوره ۴۹، ص ۱۴۷-۱۵۶. ۱۳۹۷.
https://doi.org/10.22059/ijhs.2017.215849.1084.
[۱۹] رزداری، آیت محمد. رئیسی، مرتضی. ابراهیمی، رحیم. کیانی، حسن. علم پرتودهی و تأثیر آن در افزایش ماندگاری مواد غذایی. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. ۱۳۹۲.
[۲۰] حسینی، سیده لیلا. سیحون، مرضیه. رجایی، رسا. بررسی تغییرات میکروبی و شیمیایی خرمای مضافتی پرتوفراوری‌شده با اشعه گاما. مجله علوم، مهندسی و فناوری هسته‌ای دوره ۲۹. ص ۱۳-۱۹. ۱۳۸۷.
[21] R. Bhat, K. R. Sridhar, K. Tomita-Yokotani. "Effect of ionizing radiation on antinutritional features of velvet bean seeds (Mucuna pruriens)," Food Chemistry, vol. 103, Issue 3, pp. 860-866. 20072007. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.037.
[22] Y. Wong, T. Herald, K. Hachmeister. "Comparison Between Irradiated and Thermally Pasteurized Liquid Egg White on Functional, Physical, and Microbiological Properties," Poultry Science, vol. 75, Issue 6, pp. 803-808. 1996. http://dx.doi.org/10.3382/ps.0750803.
[23] H. Stone, & J. L. Sidel. "Sensory evaluation practices (3rd ed.)". Academic Press. 2004.
[۲۴] استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۵۴۴، میکروبیولوژی خرمای خشک و خرمای نیمه خشک- ویژگی ها وروش های آزمون. چاپ اول- ۱۳۹۷.
[25] B .A. Ameh, D .I. Gernah, O. Obioha, G. K. Ekuli. "Production, Quality Evaluation and Sensory Acceptability of Mixed Fruit Juice from Pawpaw and Lime," Food and Nutrition Sciences, vol. 6, Issue 5, pp. 532-537. 2015. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.65055.
[26] V. Falguera, J. Pagan, A. Ibarz. "Effect of UV–Vis irradiation on enzymatic activities and physicochemical properties of apple juice from different varieties," LWT - Food Science and Technology, vol. 44, Issue 1, pp. 115-119. 2011.