# اثر آب فعال شده با پلاسما بر برخی است ویژگی‌های پس از برداشت پسته تر

**مهسا رجب صدوقی[۱] ، سید حسین میردهقان[۲] ، فاطمه ناظوری[۳] ، مهدی شریعت[۴]**

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۲]استاد، گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۳]استادیار، گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۴]استادیار، گروه فیزیک دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

*نویسنده مسئول: mahsa676048@gmail.com

## چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر تیمار آب فعال شده با پلاسما بر ویژگی‌های پسته تر در طول دوره انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور میوه پسته از رقم احمد آقایی با ۵ تیمار متفاوت (شاهد، آب مقطر، هیپوکلرید سدیم، آب فعال‌شده با پلاسما در دو سطح ۵ و ۸ ولت) مورد بررسی قرار گرفت. پسته‌ها پس از تیمار و بسته‌بندی در ظروف با ابعاد ۱۲×۱۷ سانتی‌متر به سردخانه با دمای ۴±۲ $^{o}C$ و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰٪ به مدت ۵۰ روز منتقل شدند. به منظور ارزیابی اثر تیمارها و مدت زمان انبارمانی و بررسی صفاتی از قبیل درصد کاهش وزن، نشت یونی و ارزیابی حسی در طول مدت نگهداری در سردخانه در سه مرحله (۰ ، ۲۵ و ۵۰ روز) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش طول دوره نگهداری در انبار، تیمارهای شاهد و تیمار آب فعال شده با پلاسما، مدت زمان بیشتری کیفیت ظاهری خود را نسبت به سایر تیمارها حفظ کرده‌اند و از کیفیت ظاهری بهتری برخوردار بودند و میزان کاهش وزن و هدایت الکتریکی در طول انبارمانی روند افزایشی و تست پانل نیز در طول انبارداری به تدریج کاهش یافته است.

**واژه‌های کلیدی** : انبارمانی، آب فعال شده با پلاسما ، پلاسما

## مقدمه

تیمارهای پس از برداشت به‌منظور حفظ کیفیت یا بهبود وضعیت ظاهری فرآورده‌های باغبانی به‌کار برده می‌شوند. استفاده از ترکیب‌های شیمیایی برای گسترش عمر پس برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها کمتر به وسیله مصرف‌کننده پذیرفته می‌شود، زیرا این ترکیب‌ها ممکن است آلاینده محیط باشند یا برای سلامتی انسان مضر باشند (میردهقان و خطیب ۱۳۹۱). استفاده از ترکیبات سالم و سازگار با سلامت انسان و طبیعت یکی از دغدغه‌های مهم محققان تکنولوژی پس از برداشت محصولات باغی است. یکی از زمینه‌های مهم کشاورزی و باغبانی ارگانیک که امروزه توجه زیادی به خود جلب کرده است استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت، انسان در تولید و نگهداری محصول است که به این ترتیب نه تنها محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر تولید می‌شود بلکه دارای ارزش دارویی و غذایی بالاتری نیز خواهد بود (جلیلی مرندی،۱۳۹۱).

پلاسمای غیرحرارتی یا پلاسمای سرد یک رویکرد جدید برای غیرفعال‌سازی میکروبی در صنایع غذایی است. این روش شامل قرار گرفتن مواد غذایی در معرض تابش یونی (مانند ذرات باردار، میدان‌های الکتریکی، فوتون‌های ماورا بنفش (UV یا گونه‌های واکنشی) برای ضدعفونی میکروب‌ها در عین اطمینان از ایمنی محصولات است (Yingyin *et al.*, 2015). پژوهش‌های قبلی نشان داده است که پلاسمای غیرحرارتی می‌تواند طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها، از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، هاگ باکتری‌ها و بیوفیلم‌ها را به طور مؤثر ضدعفونی کند. علاوه بر پلاسمای غیرحرارتی که ذکر شد، آب فعال شده با پلاسما (Plasma activated water) می‌تواند انواع خاصی از میکروب‌ها را نیز غیرفعال کند. تا به امروز ، تحقیقات در مورد تأثیر pH و $H_2O_2$ در پیشرفت ضدعفونی PAW اهمیت ROS در محلول‌هایPAW را برجسته کرده است. گونه‌های تولید شده در مایع برای مدت زمان طولانی پایدار هستند و تاحدی مسئول خواص ضدمیکروبی طولانی مدت هستند. Yingyin و همکارانش (۲۰۱۶) در پژوهشی که بر روی قارچ‌های دکمه‌ای برای افزایش دوره انبارمانی انجام دادند، گزارش کردند کاربرد محلول PAW که با استفاده از یک منبع ولتاژ ببین ۱۰ تا ۱۸ کیلو ولت تولید شده بود، به‌تدریج باعث کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های موجود در قارچ در گروه‌های PAW در مقایسه با گروه کنترل شد. در

نمونه‌های PAW مشاهده شد که قهوه‌ای شدن و نرم شدن قارچ‌ها به تأخیر افتاد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر آب فعال شده با پلاسما یا PAW برکاهش آلودگی میکروبی و قارچی برماندگاری پسته تازه با پوست، حفظ ویژگی‌های کیفی پسته تازه با پوست طی انبارمانی و مقایسه اثر PAW با دیگر روش‌های کاهش آلودگی میکروبی و قارچی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۵ تیمار شاهد (آب مقطر، هیپوکلرید سدیم با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب فعال شده با پلاسما سرد با استفاده از منبع تغذیه با ولتاژ ۵کیلوولت و ۸ کیلو ولت (بر اساس توانایی دستگاه) و فاکتور دوم در سه سطح انبارمانی بود. پسته تازه رقم احمدآقایی بلافاصله پس از برداشت، به آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان منتقل شدند. بعد از برداشت پسته‌ها و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های پسته سالم و یکنواخت از پسته‌های صدمه دیده و نارس جدا شد. اعمال تیمارها به‌صورت محلول‌پاشی توسط اسپری انجام گرفت و برای سه دوره‌ی زمانی ۰ ، ۲۵ ، ۵۰ روز و در سه تکرار بسته بندی و در سردخانه مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از دوره انبارمانی نمونه‌ها اندازه‌گیری صفات مورد نظر انجام گردید. صفاتی از قبیل، تست پانل با استفاده از روشValeroو همکاران (۲۰۰۶)، درصد نشت یونی پوست میوه به روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. برای محاسبه‌ی میزان کاهش وزن، پسته‌تر بسته‌بندی شده را قبل و بعد ازمدت زمان انبارمانی با ترازوی با دقت ۰/۰۱٪ وزن کرده و درصد کاهش وزن آن ها حساب شد (Gao *et al.*, 2013). داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری spss، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

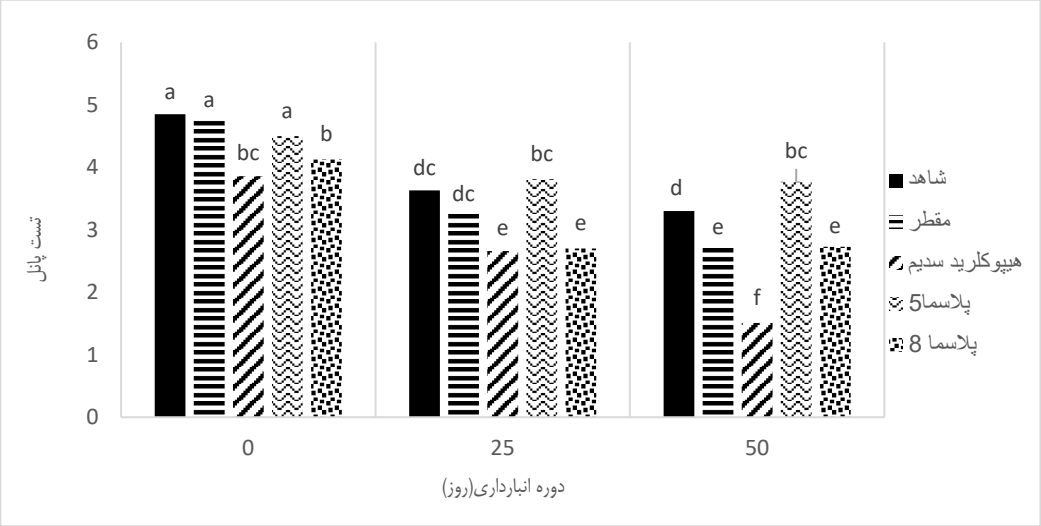
## نتایج و بحث

**ارزیابی حسی:** برای تعیین عطر و طعم، مزه و شکل ظاهری پسته‌ها از روش نمره دادن ۱ تا ۵، چشیدن و نظرخواهی از افراد مختلف استفاده شد. چهار فاکتور طعم و مزه، عطر و بو، رنگ پوست و شکل ظاهری پوست را مورد ارزیابی قرار دادند. وضعیت بسیار عالی با نمره ۵، بسیار خوب با نمره ۴، متوسط با نمره ۳، ضعیف با نمره ۲، بسیار بد با نمره ۱ مشخص شد(Valero *et al.*, 2006). براساس جدول ۱ تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارها، زمان انبارمانی و اثر متقابل زمان انبارمانی به طور معنی‌داری تأثیری بر تغییر آزمون تست پانل داشت. با توجه به مقایسه میانگین‌ها شکل ۱، با گذشت مدت زمان نگهداری پسته در سردخانه روند کاهشی در ویژگی‌های ظاهری پوست پسته، عطر و طعم آن مشاهده گردید. بهترین طعم و مزه در ابتدای دوره انبارداری مشاهده شد و با طولانی‌تر شدن دوره انبارمانی کیفیت ظاهری پسته‌ها کاهش یافت اما پسته‌ها تیمار شده با پلاسما و شاهد وضع بهتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. Ruonan (۲۰۱۶) گزارش کردند که تیمار میوه با آب فعال شده توسط پلاسما باعث حفظ کیفیت توت فرنگی نسبت به تیمار شاهد می‌شود که در این مورد نتایج پژوهش حاضر با یافته های نتایج (Ruonan, 2016) مطابقت دارد.

**جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تیمارها و زمان انبارمانی بر حفظ ویژگی‌های کیفی پسته تازه با پوست طی انبارمانی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | تست پانل | نشت یونی | درصد کاهش وزن |
|---|---|---|---|---|
| زمان | ۲ | ۱۰/۴۷** | ۹۳۷۳** | ۸۱/۵۱** |
| تیمار | ۴ | ۲/۸۷** | ۱۸۰/۳۳** | ۰/۴ ** |
| زمان*تیمار | ۱۴ | ۰/۳۵** | ۵۷/۷۶** | ۱/۳۷** |
| خطا | ۳۰ | ۰/۰۴۷ | ۱۱/۱۰ | ۱/۳۳ |
| ضریب تغییرات | | ۶ | ۵/۴۴ | ۰/۹۲ |

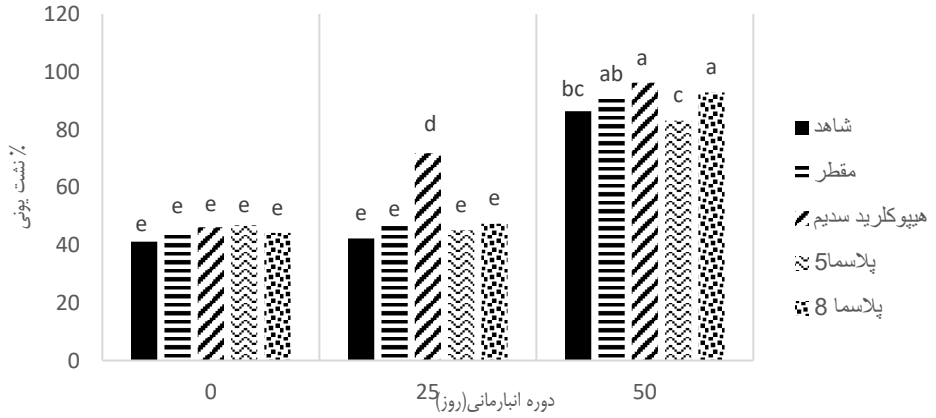
** نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن




شکل ۱- اثر تیمارها (آب مقطر، هیپوکلریت سدیم، آب فعال شده با پلاسما سرد) و زمان انبارمانی بر تست پانل پسته

## درصد نشت یونی

براساس جدول ۱ تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارها، زمان انبارمانی و اثر متقابل زمان انبارمانی به طور معنی داری تأثیری بر نشت یونی بافت گوشت میوه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین طول دوره نگهداری میوه در سردخانه، بیشترین میزان نشت یونی در دوره آخر انبارمانی مشاهده شد و اختلاف آن با هفته‌های دیگر انبارمانی از لحاظ آماری معنی‌دار بود، شکل ۲. نتایج حاصل در پژوهش Ruonan (۲۰۱۶) نشان داد که هنگام فعال سازی آب توسط پلاسما ،قابلیت هدایت الکتریکیPAW تقریباً به طور خطی از زمان فعال‌سازی پلاسما افزایش می‌یابد. با افزایش میزان هدایت الکتریکی امکان افزایش یون‌های فعال زیادی در PAW مانند گونه‌های مختلف اکسیژن فعال، رادیکال‌های آزاد و کاتیون‌ها وجود دارد. ROS یا اکسیژن فعال می تواند با آسیب رساندن به غشاء شده و وارد سلول شود و در نهایت مواد ژنتیکی را مستقیماً در معرض رادیکال‌های ضد باکتری قرار دهد و باعث کاهش میزان آلودگی شود. با کاهش آلودگی میزان نشت یونی در بافت میوه در دوره انبار مانی کاهش پیدا کرده و محصول برای مدت زمان بیشتری استحکام خود را حفظ خواهد کرد که در این پژوهش، پسته با تیمار آب فعال شده با منبع تغذیه پلاسمای ۵ ولت نتیجه مشابه‌ای را با پژوهش پژوهش Ruonan (۲۰۱۶) نشان داده است.




شکل ۲- اثر تیمارها (آب مقطر، هیپوکلریت سدیم، آب فعال شده با پلاسما سرد) و زمان انبارمانی بر درصد نشت یونی پسته

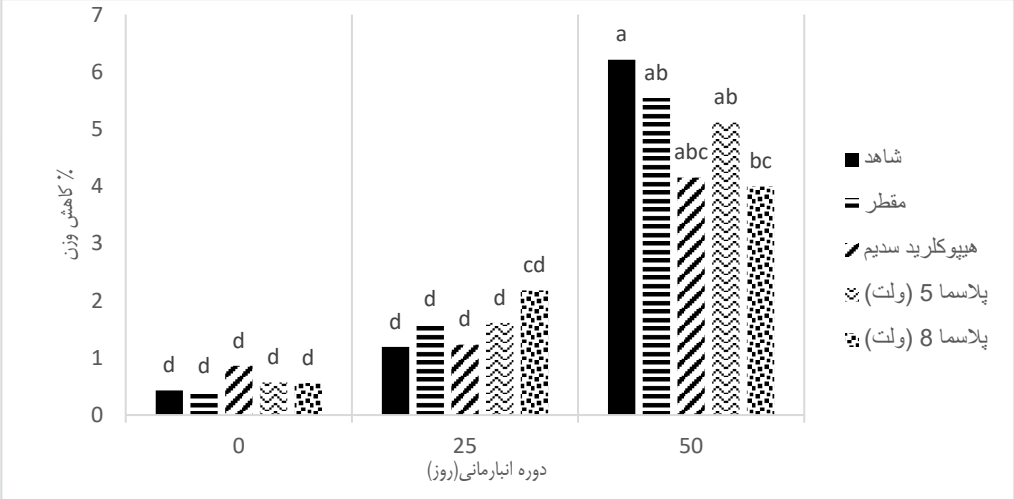
## کاهش وزن

برای اندازه‌گیری کاهش وزن میوه‌ها ۵ عدد میوه از هر تکرار (جمعا ۴۵ میوه از هر تیمار) بلافاصله پس از برداشت انتخاب و وزن آنها توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. تغییرات وزن این میوه‌ها با فاصله زمانی ۲۵ روز یک بار در طول دوره نگهداری در سردخانه اندازه‌گیری و در نهایت کاهش وزن میوه‌ها با کمک فرمول زیر محاسبه شد.

(٪)کاهش وزن = (وزن اولیه _وزن ثانویه) /وزن اولیه ×۱۰۰

نتایج حاصل از آنالیز داده‌های کاهش وزن پسته نشان داد، که اثرات ساده تیمار و زمان انبارمانی و اثرات متقابل آنها بر میزان کاهش وزن معنی‌دار بود. با توجه به مقایسات میانگین اثرات متقابل، استفاده از تیمار آب فعال شده با پلاسما با منبع تغذیه ۸ ولت نسبت به تیمار شاهد، در زمان ۵۰ روز اثر بهتری در حفظ وزن داشت، شکل ۳. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود در تیمار شاهد رطوبت نمونه‌ها در طی ۵۰روز، افزایش معنی‌دار پیدا کرد و از حدود ۰/۵ درصد در شروع آزمایش به حدود ۶ درصد در روز۵۰ رسید.

تعرق و انجام فرآیند تنفس نقش مهمی در کاهش وزن محصول دارد. میزان تنفس محصولات تازه جایگاه تعیین کننده‌ای در حفظ کیفیت دارد. کم آبی محصول یک فرآیند مهم در طول ذخیره‌سازی پس از برداشت است که به طور مستقیم کیفیت محصول را تعیین می کند. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، میزان کاهش وزن در کل مدت ذخیره‌سازی در همه گروه‌ها افزایش یافته است. تیمار پلاسما با منبع تغذیه ۵ و ۸ ولت، میزان کاهش وزن را در کل دوره ذخیره سازی کاهش دادند و کمترین کاهش وزن ۴٪ را در مقایسه با ۶/۲۱٪ در گروه کنترل پس از پنجاه روز ذخیره سازی ثبت کرد که مشابه با نتایج در پژوهش Yingyin و همکارانش (۲۰۱۶) می‌باشد.




شکل ۳- اثر تیمارها (آب مقطر، هیپوکلریت سدیم، آب فعال شده با پلاسما سرد) و زمان انبارمانی بر درصد کاهش رطوبت نسبی پوست پسته

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای پلاسما در مقایسه با تیمار هیپوکلرید سدیم و آب مقطر در دوره آخر انبارمانی دارای عملکرد بهتری بوده و قادر هستند که کیفیت و سفتی میوه را مانند شاهد حفظ کنند. ساختار آب فعال شده با پلاسما به گونه ای است که چون دارای گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد، باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در سلول‌های میکروبی شده و در نهایت با آسیب به غشاء سلول و تخلیه مواد ژنتیکی سلول باعث مرگ و از بین رفتن سلول بیماری‌زا می‌شود. علاوه بر این، بسیاری از محققان همچنین حدس زدند که اسیدیته وگونه‌های واکنشی در PAW بهم پیوسته‌اند. pH پایین برای نفوذ گونه‌های واکنش‌پذیر به دیواره‌های سلولی مطلوب‌تر است. از طرف دیگر، وجود گونه‌های واکنشی باعث کاهش مقاومت باکتری‌ها به محیط اسیدی می شود (Yingyin *et al.*, 2015). نتایج مشابه در پژوهش (Yingyin *et al.*, 2015) و (Ruonan, 2016) به دست آمد مبنی بر اینکه استفاده از آب فعال شده با پلاسما باعث افزایش ماندگاری میوه و عدم کاهش کیفیت میوه در زمان

انبار داری می‌شود، نتیجه این پژوهش را تأیید می‌کند. به‌طورکلی، این نتایج نشان میدهد که PAW می‌تواند یک تکنیک مفید به منظور افزایش ارزیابی کیفیت، ثبات سفتی و استحکام بافت میوه ، ثبات وزن میوه و حفظ قابلیت هدایت الکتریکی در طول انبار داری و ذخیره سازی باشد.

## منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۷ . فیزیولوژی بعد از برداشت. ارومیه: جهاد دانشگاهی ارومیه

میردهقان ، ح. و خطیب ، ه. ۱۳۹۱. اثر پوشش خوراکی کیتوزان بر کیفیت و عمر انبارداری پسته تازه رقم اوحدی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۳(۱): ۸۳ – ۱۰۰.

Gao, P., Zhu, Z., Zhang, P. 2013. Effects of chitosan glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. Carbohydrate Polymers, 95: 371-378.

Lutts, S., Kinet, J.M. Bouharmont, J. 1996. Nacl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, Annals of Botany, 78:389- 398.

Ruonan, Ma. 2015. Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-bornepathogen on fresh produce. Journal of Hazardous Materials, 300: 643–651.

Ruonan, M. 2016. Effect of Non-Thermal Plasma-Activated Water on Fruit Decay and Quality in Postharvest Chinese Bayberries. Journal of Food Bioprocess Technol 13.1007/s11947-016-1761-7.

Valero, M., Giner, M. J. 2006. "Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of Bacillus cereus INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth." International journal of food microbiology, 1: 90-94.

Yingyin, X. 2016. Effect of plasma activated water on the postharvest quality of button mushrooms, Agaricus bisporus. Food Chemistry, 197 :436–444.

# Effect of plasma-activated water on some physiological characteristics of pistachio

Mahsa Rajab Sadoughi *[1], Seyed Hossein Mirdeghan [2], Fatemeh Nazori [3], Mehdi Shariat [4]
[1] Master student of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
[2] Professor, Department of Horticulture Vali-e-Asr University of Rafsanjan
[3] Assistant Professor, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
[4] Assistant Professor, Department of Physics, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
*Corresponding Author: mahsa676048@gmail.com*

**Abstract**

This study was evaluated to investigate the effect of plasma activated water treatment on pistachio characteristics during storage. For this purpose, pistachio fruit from Ahmad Aghaei cultivar was studied with 5 different treatments (control, distilled water, sodium hypochlorite, plasma activated water at two levels of 5 and 8 volts). After the treatment the fresh pistachios were stored at 4±2 ℃ R.H. 90%±5 for 50 day. Packaging was done in containers with dimensions of 12 × 17 cm. In order to evaluate the effect of treatments and storage time and to evaluate traits such as weight loss percentage, ion leakage and sensory evaluation during storage in the refrigerator in three stages (0, 25 and 50 days) were studied. The results showed that with increasing the storage period in the warehouse, control treatments and plasma-activated water treatments maintained their appearance quality longer than other treatments and had better appearance quality and the rate of weight loss and electrical conductivity during Mani warehousing The upward trend and panel testing also gradually decreased during warehousing.

***Keywords***: Storage, plasma activated water, plasma, PAW