تأثیر تیمار پلاسمای سرد بر ویژگی‌های سطحی پسته تازه رقم احمد آقایی (*Pistachia vera* L.)

سمانه ملایی[۱]، سید حسین میر دهقان[۲] ، فاطمه ناظوری[۳]، مهدی شریعت[٤]

[۱]دانشجوی دکتری فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، ایران

[۲]استاد گروه علوم باغبانی- فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، ایران

[۳]استادیار گروه علوم باغبانی- فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، ایران

[۴] استادیار گروه فیزیک- فوتونیک (پلاسما) ، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، ایران

* نویسنده مسئول:mollaeissss@gmail.com

چکیده

رشد میکروارگانیسم‌ها در پسته‌های بسته‌بندی‌شده یکی از عوامل محدودکننده بازاریابی این محصول هست. پلاسما یک روش سریع و کارآمد برای از بین رفتن این میکروارگانیسم‌ها معرفی‌شده است به خاطر عدم نفوذ آن در بافت گیاهی می‌توان برای استرلیزاسیون محصولات گیاهی بکار رود، هزینه آن کم است، توانایی غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها را دارد، ازنظر ایمنی دوست‌دار محیط زیست است و فرآیند را در دما و فشار محیط انجام می‌دهد که اثرات مخرب حرارتی را کاهش می‌دهد. در این پژوهش تیمار پلاسمای سرد (آرگون، اکسیژن، نیتروژن) بر پسته تازه رقم احمد آقایی اعمال و بررسی عمر پس از برداشت و خصوصیات کمی و کیفی پسته تازه در سه دوره زمانی (قبل از انبارمانی، ۲۵ روز پس از انبارمانی، ۵۰ روز پس از انبارمانی) صورت گرفت. پارامترهای کاهش وزن پوست خارجی و مغز، سفتی پوست خارجی و مغز، نشت یونی، درصد پوسیدگی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد درصد کاهش وزن در نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد تغییرات کمتری داشت و بیشترین درصد کاهش وزن مغز و پوست مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین تیمار پلاسما در مقایسه با شاهد در بررسی نشت یونی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و در بین تیمارهای پلاسما، پلاسما با گاز آرگون کمترین میزان نشت یون را نشان داد. در بررسی پارامترهای سفتی مغز و درصد پوسیدگی، تیمار با پلاسمای گاز آرگون و نیتروژن بهترین عملکرد را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پلاسما سرد، پسته تازه، سفتی، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه:

پسته (*Pistachia vera L*) یکی از مهم‌ترین خشکبارها است. این گیاه در مناطق خشک و گرم و در شرایط شور قابل‌کشت است. ایران، ایالات‌متحده آمریکا، ترکیه، سوریه، ایتالیا و یونان تولیدکننده اصلی خشکبار پسته هستند و تولید جهانی به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد. تمایل به افزایش مصرف خشکبار به اجزای غذایی آن‌ها ازجمله استرول‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب و ترکیبات فنولیک و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نسبت داده می‌شود(Tsantili *et al.*, 2010).

پلاسمای سرد یکی از مدرن‌ترین فن‌آوری‌هایی است که برای غیرفعال‌سازی یا تخریب میکروبی آزمایش‌شده است. وقتی گاز بی‌اثر در میدان الکتریکی وارد می‌شود، پلاسما تولید می‌شود و ماده واکنشی متشکل از ذرات باردار، رادیکال‌های آزاد، فوتون‌ها و تابش‌های مختلف تشکیل می‌شود. کل این فرمولاسیون به‌عنوان پلاسما شناخته می‌شود. از پلاسمای تولیدشده در دمای محیط به‌عنوان پلاسمای سرد با دمای ۶۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد یاد می‌شود که بیشتر ترجیحاً در صنعت میوه و سبزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی‌که میکروارگانیسم‌ها در سطح یک محصول غذایی قرار دارند، می‌توان از پلاسمای سرد برای غیرفعال‌کردن سلول‌های رویشی و اسپورها استفاده کرد. ازآنجاکه این عمل در دمای پایین انجام می‌شود، تأثیر روی کیفیت مواد غذایی و ظاهر محصول حداقل است .Dey *et al*,

(2016). هدف از این تحقیق بررسی و ارزیابی تأثیر پلاسمای سرد بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی پسته تازه در طول دوره انبارمانی است.

مواد و روش‌ها:

پسته تازه رقم احمد آقایی از درختان پسته در باغ‌های اطراف شهرستان رفسنجان در جاده داوران تهیه شد. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار صورت گرفت. این پژوهش از سامانه مولد پلاسما از نوع تخلیه سد دی‌الکتریک ساخت پژوهشکده فیزیک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان استفاده شد. دستگاه شامل یک الکترود ولتاژ بالا متصل به یک منبع تغذیه با ولتاژ حداکثر ۱۲ کیلوولت به شکل پالسی و فرکانس تقریبی ۲۰ کیلوهرتز است. با برقرار نمودن اختلاف پتانسیل بین دو الکترود و درنتیجه ایجاد میدان الکتریکی نمونه‌ها تحت تیمار قرار گرفت. تیمار پلاسما سرد بر روی نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه انجام شد.

فاکتورهای آزمایش به شرح زیر بود: فاکتور اول، تیمارها شامل: پلاسما با گاز ورودی آرگون با غلظت ۴ لیتر با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و با دو ولتاژ ۵ و ۷/۵ کیلووات، پلاسما با گاز ورودی نیتروژن با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و با دو ولتاژ ۵ و ۷/۵ کیلووات، پلاسما با گاز ورودی هوا با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و با دو ولتاژ ۵ و ۷,۵ کیلووات و شاهد، بدون اعمال پلاسما. فاکتور دوم، زمان انبارمانی شامل: زمان اول بلافاصله بعد از اعمال تیمارها و قبل از انبارداری، زمان در فاصله ۲۵ روز بعد از انبارداری، زمان سوم در فاصله ۵۰ روز بعد از انبارداری. بعد از اتمام هرکدام از دوره‌های انبارمانی فاکتورهای موردنظر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد کاهش وزن: به‌منظور اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه، قبل از انبارداری و پس از اتمام دوره انبارداری وزن خالص میوه‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس درصد کاهش وزن هر تکرار از طریق رابطه زیر محاسبه شد (طلائی و همکاران، ۱۳۸۳).

درصد کاهش وزن = (وزن اولیه / وزن ثانویه – وزن اولیه) × ۱۰۰

اندازه‌گیری سفتی پوست نرم و مغز: آزمون سفتی پوست نرم و مغز با استفاده از دستگاه سفتی سنج 1-Texture Analyzer برحسب گرم نیرو در هر میوه انجام گرفت (داوری نژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

درصد پوسیدگی: در هر مرحله از آزمایش تعداد کل میوه‌های پوسیده موجود در ظرف در طرف شمارش‌شده و درصد پوسیدگی با تقسیم تعداد میوه‌های پوسیده بر تعداد کل میوه‌ها محاسبه گردید (Sheikh *et al.*, 2019).

اندازه‌گیری نشت یونی: درصد نشت یون به روش Lutts و همکاران (۱۹۹۸) محاسبه شد. بدین منظور میوه‌ها با مواد شوینده و آب مقطر شسته و سپس با آب ۲ بار تقطیر آبکشی شدند. از پوست هر میوه ۵ دیسک به قطر یک سانتی‌متر تهیه و به درون ارلن حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب ۲ بار تقطیر منتقل شد و در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دور متوسط قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی آب درون ارلن به‌وسیله EC متر اندازه‌گیری (L_t) شد. ظرف‌های حاوی نمونه به مدت یک ساعت درون اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و بار دیگر هدایت الکتریکی محلول حاوی نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت قرار دادن در دمای اتاق اندازه‌گیری (L_0) شد. در پایان درصد نشت یون با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

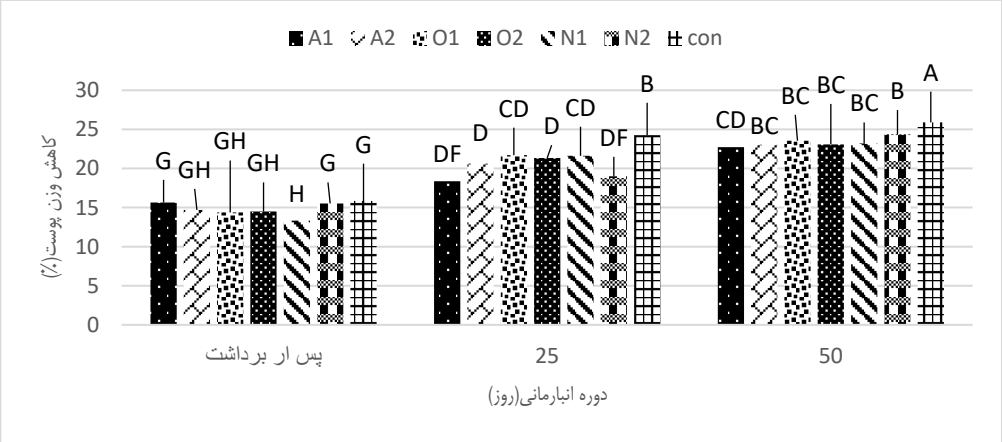
درصد نشت یون $= (L_t/L_0) \times 100$

تجزیه داده‌ها: نتایج و داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار کامپیوتری SAS تجزیه‌وتحلیل آماری شد و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار EXCEL رسم و نتایج تفسیر شد.

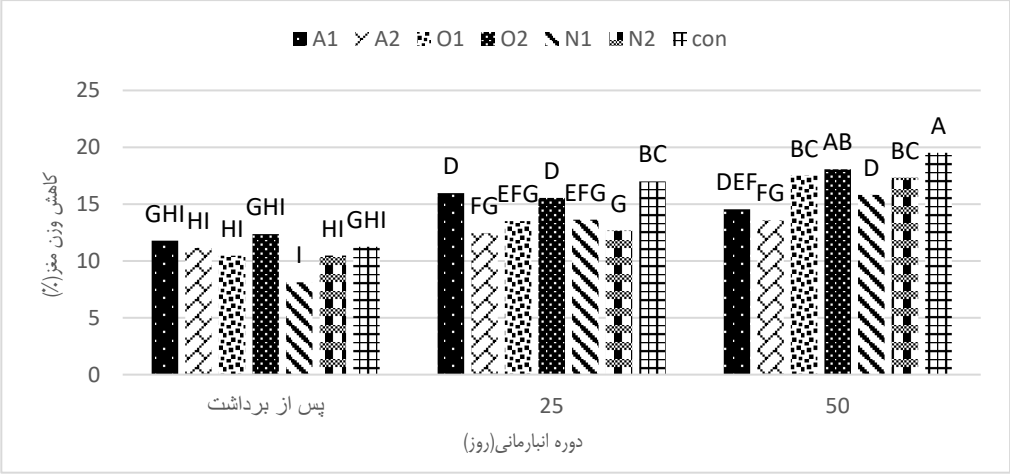
نتایج و بحث

کاهش وزن پوسته خارجی و مغز پسته: در مطالعه حاضر، کاهش نسبی وزن پسته‌های تازه در پایان هر دوره ذخیره‌سازی در شکل ۱ ارائه‌شده است. می‌توان دریافت که کاهش وزن برای همه نمونه‌ها ازجمله شاهد در طی انبارداری مشاهده‌شده است، اما پسته‌های تازه در مطالعه حاضر در طول دوره ذخیره‌سازی پس از تیمار با پلاسما کاهش وزن قابل‌توجهی نشان نداد و این بدان معنی است که تیمار پلاسما تنش فیزیولوژیکی به پسته نمی‌دهد یا باعث ایجاد تغییرات ساختاری در سطح و از دست دادن آب نمی‌شود. تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری نشان می‌دهد که باگذشت زمان انبارداری درصد کاهش وزن پوسته خارجی پسته

در تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت و در سایر تیمارها افزایش جزئی مشاهده‌شده است. بنابر نتایج به‌دست‌آمده در پایان زمان انبارداری بالاترین درصد کاهش وزن (۲۵/۸۲٪) مربوط به تیمار شاهد بوده است و درصد کاهش وزن پوسته خارجی پسته در بین تیمارهای پلاسما و در دو ولتاژ بکار برده شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است. یکی از اجزای تولیدشده توسط پلاسما اشعه uv است. اشعه uv می‌تواند عامل حفظ آب، کاهش آلودگی قارچی و جلوگیری از رسیدگی میوه شود (Bal *et al*., 2009). همه این عوامل منجر به کاهش از دست‌دهی آب محصول پس از برداشت و کمترین درصد کاهش وزن طی انبارداری می‌شود.



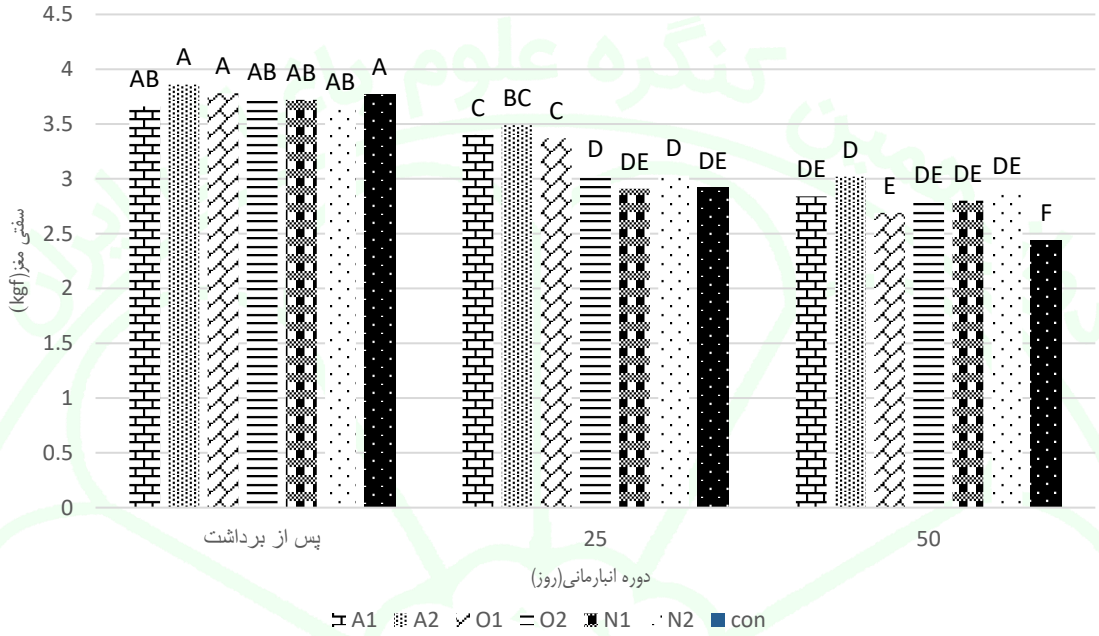
نمودار ۱- تأثیر نوع پلاسما و زمان نگهداری بر کاهش وزن پوست پسته تازه، A1: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۵ ولت، A2: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت، O1: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۵ ولت، O2: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۷ ولت، N1: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۵ ولت،N2: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۷ ولت، C: شاهد



نمودار ۲- تأثیر نوع پلاسما و زمان نگهداری بر کاهش وزن مغز پسته تازه، A1: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۵ ولت، A2: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت، O1: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۵ ولت، O2: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۷ ولت، N1: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۵ ولت،N2: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۷ ولت، C: شاهد

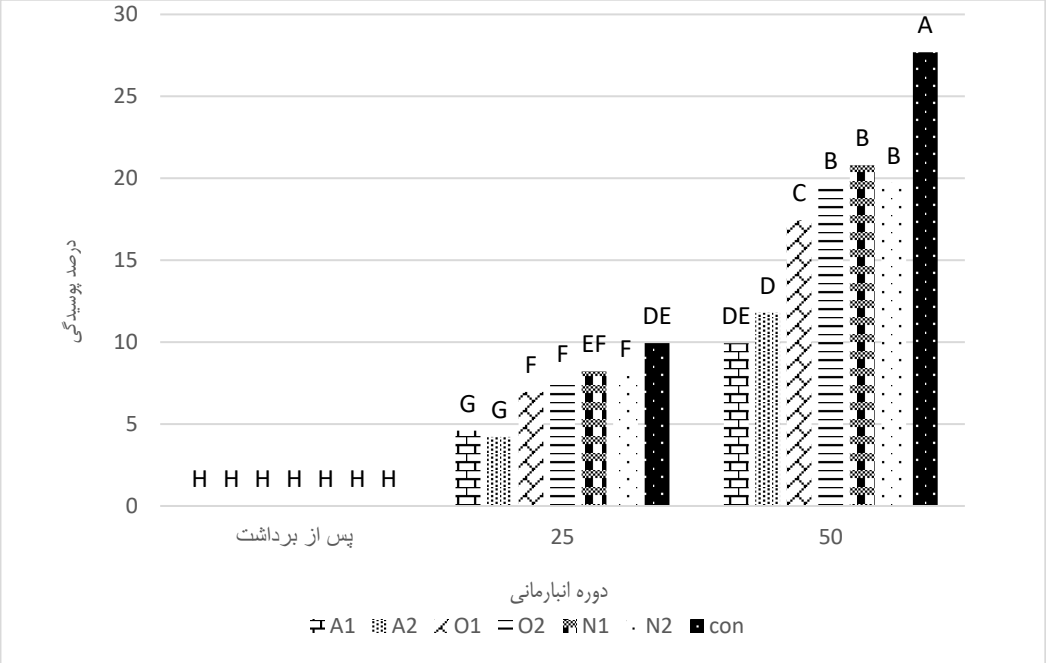
سفتی پوست نرم و مغز: آنالیز داده‌های حاصله از سفتی مغز نشان می‌دهد سفتی تحت فاکتورهای پلاسما و زمان معنی‌دار است ($P<۰/۰۱$). نتایج حاصل از تابش پلاسمای سرد اتمسفری بر سفتی مغز در نمودار ۱ ارائه‌شده است. سفتی مغز باگذشت دوره انبارمانی کاهش یافت و در ۵۰ روز پس از انبارمانی در تیمار شاهد کمترین میزان سفتی پوست و مغز مشاهده شد. بیشترین سفتی مغز پسته مربوط به تیمار پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت بوده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد در بررسی سفتی پوست نرم نمونه‌های

تیمار شده و زمان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درمطالعه‌ای، گوجه‌فرنگی‌هایی با پوست دست‌نخورده تحت تیمار با پلاسما قرار گرفتند و نتایج نشان داد تیمار با پلاسما باعث حفظ استحکام گوجه‌فرنگی می‌شود (Misra *et al*., 2014).



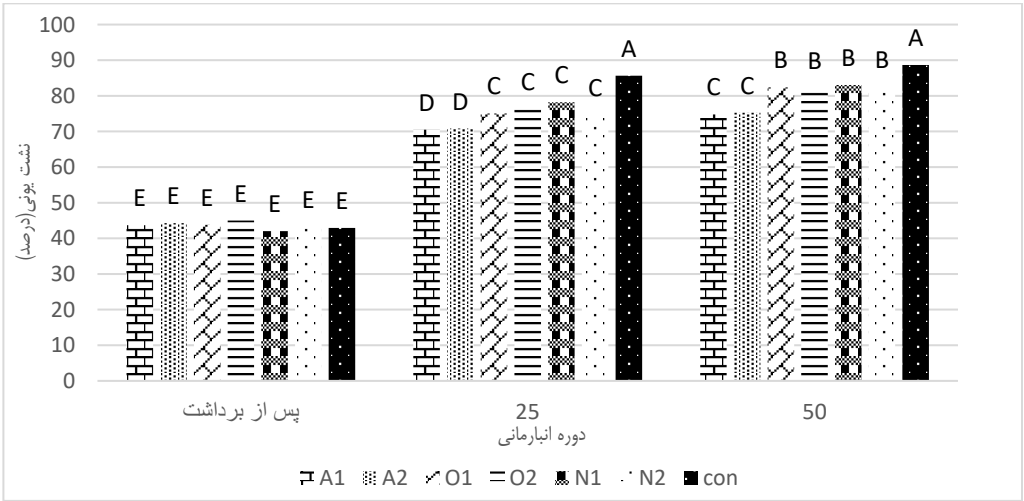
نمودار ۳: تأثیر نوع پلاسما و زمان نگهداری بر سفتی مغز پسته تازه، A1: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۵ ولت، A2: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت، O1: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۵ ولت، O2: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۷ ولت، N1: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۵ ولت،N2: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۷ ولت، C: شاهد

پوسیدگی: میزان پوسیدگی در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بیشترین درصد پوسیدگی مربوط به تیمار شاهد است و کمترین درصد پوسیدگی مربوط به پلاسما با گاز آرگون با هر دو ولتاژ است. در بین سایر نمونه‌های تیمار شده، پلاسما با گاز نیتروژن با ولتاژ ۵ ولت کمترین میزان پوسیدگی را نشان داد. در میوه‌ها، سبزی‌های و محصولات آن‌ها فعالیت آنزیم‌ها منجر به زوال کیفیت می‌شود. تیمار با پلاسما سبب مهار آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی می‌شود و تیمار با پلاسما می‌تواند باعث تغییر مسیر تنفسی سلولی شود (Tappi *et al*., 2014) .



نمودار ۴- تأثیر نوع پلاسما و زمان نگهداری بر درصد پوسیدگی پسته تازه. A1: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۵ ولت، A2: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت، O1: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۵ ولت، O2: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۷ ولت، N1: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۵ ولت، N2: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۷ ولت، C: شاهد

نشت یونی: در میان تیمارها، نمونه‌های تیمار شده با پلاسما کمترین درصد نشت یون مشاهده شد و بین تیمارهای پلاسما با اکسیژن و نیتروژن و آرگون و با دو ولتاژ ۵ و ۷ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار با پلاسما در مقایسه با شاهد در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در حین نگهداری، مقدار نشت یون باگذشت زمان در دوره انبارمانی سرد افزایش‌یافته است. در نتایج مشابه گزارش شد نشت یون در قارچ‌های تیمار شده با آب فعال‌شده با پلاسما (Plasma activated water) کمتر از نمونه‌هایی بود که به‌سادگی در آب مقطر خیسانده شده بودند (Ma *et al*., 2016).



نمودار ۵- تأثیر نوع پلاسما و زمان نگهداری بر نشت یونی پسته تازه. A1: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۵ ولت، A2: پلاسما با گاز آرگون و ولتاژ ۷ ولت، O1: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۵ ولت، O2: پلاسما با گاز اکسیژن و ولتاژ ۷ ولت، N1: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۵ ولت، N2: پلاسما با گاز نیتروژن و ولتاژ ۷ ولت، C: شاهد

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد پلاسمای سرد سبب بهبود ویژگی های کمی و کیفی پسته تر شده و با افزایش کیفیت پسته در طی انبارمانی، می تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های دیگر در کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات کشاورزی و افزایش عمر پس از برداشت محصولات با کمترین اثرات مخرب زیست محیطی و اثرات تخریبی بر کیفیت محصول پس از برداشت باشد.

منابع

داوری‌نژاد، غ.، عارف‌خانی، س.، عزیزی، م. و زارعی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم بر عمر انباری، ویژگی۲۸ (۴): ۴۶۴-۴۷۸.

طلائی، ع.، عسکری سرچشمه، م. ع.، بهادران، ف. و شرافتیان، د. ۱۳۸۳. مطالعه آثار تیمارهای آب گرم و پوشش پلی‌اتیلن روی عمر انبارمانی و های کیفی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه هلو رقم آمسدن پس از برداشت. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). کیفیت میوه انار (رقم ملس ساوه). مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵ (۲): ۳۷۷-۳۶۹.

Bal, E., Kok, D.2009. Effects of UV-C treatment on kiwifruit quality during the storage period. Journal of Central European Agriculture, 10(4):375-82.

Dey, A., Rasane, P., Choudhury, A., Singh, J., Maisnam, D., Rasane, P. 2016. Cold plasma processing: A review. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, 9(4):2980-4.

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.

Ma, R., Yu, S., Tian, Y., Wang, K., Sun, C., Li, X., Zhang, J., Chen, K., Fang, J. 2016. Effect of non-thermal plasma-activated water on fruit decay and quality in postharvest Chinese bayberries. Food and Bioprocess Technology, 9(11):1825-34.

Misra, N.N., Moiseev, T., Patil, S., Pankaj, S.K., Bourke, P., Mosnier, J.P., Keener, K.M., Cullen, P.J. 2021.Cold plasma in modified atmospheres for post-harvest treatment of strawberries. Food and bioprocess technology,7(10):3045-54.

Sheikh, N.A., Jamil, M., Ching, D.L., Khan, I., Usman, M., Nisar, K.S. 2021. A generalized model for quantitative analysis of sediments loss: A Caputo time fractional model. Journal of King Saud University-Science, 33(1):101179.

Tappi, S., Berardinelli, A., Ragni, L., Dalla-Rosa, M., Guarnieri, A., Rocculi, P. 2014. Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 21: 114-22.

Tsantili, E., Takidelli, C., Christopoulos, M.V., Lambrinea, E., Rouskas, D., Roussos, P.A. 2010. Physical, compositional, and sensory differences in nuts among pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties. Scientia Horticulturae.

The effect of cold plasma treatment on surface characteristics of fresh pistachio cv. Ahmad Aghaei (*Pistacia vera* L.)

Samane Mollaei[1], Dr. Seyed Hosein Mirdehghan[2], Dr. Fatemeh Nazori[3] , Dr. Mehdi Shariat[3]
1- Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Kerman, Iran
2- Professor, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University Rafsanjan
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, Vali-e-Asr University Rafsanjan
4- Assistant Professor, Department of Physics, Vali-e-Asr University Rafsanjan
**Corresponding Author:mollaeissss@gmail.com*

Abstarct
The growth of microorganisms in packaged pistachios is one of the limiting factors in the marketing of this product. Plasma is a fast and efficient method for the removal of these microorganisms. In this study, cold plasma treatment (argon, oxygen, nitrogen) was applied on fresh pistachios cv. Ahmad aghaei and the evaluation of postharvest life and the quantitative and qualitative characteristics of fresh pistachios were analyzed in three time periods (before storage, 25 days after storage, 50 days After storage). The results showed that plasma treatment was significant at the level of 1% compared to the control in the parameters of electrolyte leakage and among plasma treatments, plasma with argon gas showed the lowest amount of ion leakage. The kernel firmness and rottenness parameters, argon, and nitrogen plasma treatment showed the best performance.
***Keywords*:** cold plasma, electrolyte leakage, firmness, pistachio