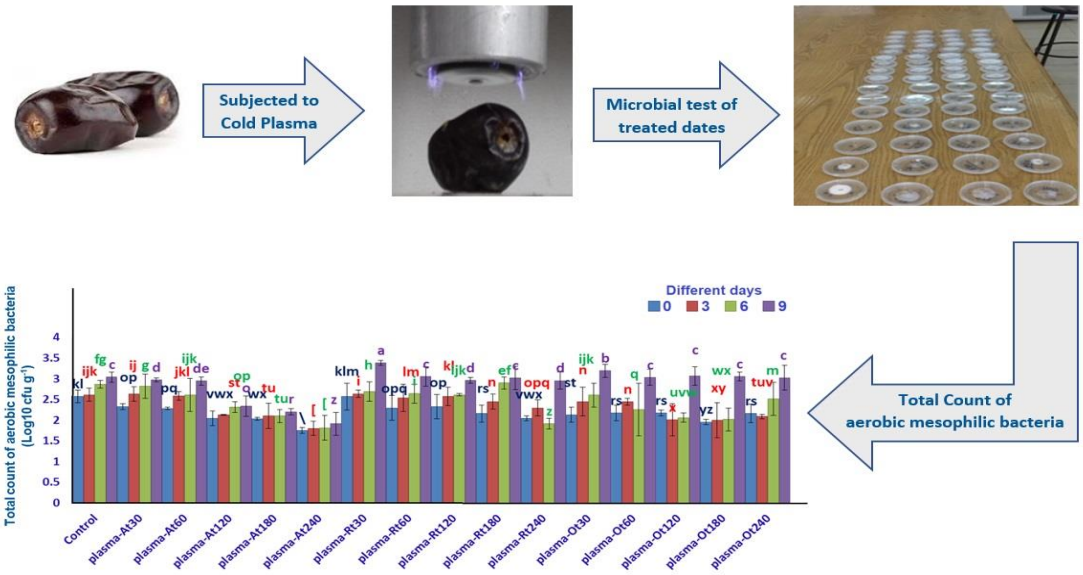
مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱ (ص۳۴۰-۳۲۷)
(عـــــلـــــمی پـــــژوهـــــشی)

The effect of atmospheric cold plasma processing on microbial and organoleptic properties of Mazafati dates

Mohammad-Sadegh Amir-Mojahedi[1], Hossein Maghsoudi[2], Mohammad Balvardi[3], Alireza Ganjovi[4], Majid Taraz [5]

1. Department of Biosystems Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2. Corresponding Author, Department of Biosystems Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3. Department of Food Science and Technology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
4. Department of Laser, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
5. Department of Physics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(Received: Oct. 13, 2022- Revised: Jan. 29, 2023- Accepted: March. 16, 2023)



Abstract: Microbial contamination of date fruit, as one of the important and strategic agricultural products of Iran, is one of the important causes of waste of this product. Therefore, in this research, the effect of cold plasma as one of the new technologies for maintaining the quality and durability of Mazafati date using a sliding rotary arc discharge device, in two treatments of plasma application time in 5 levels (30, 60, 120, 180, and 240 s), with the aim of achieving the optimal time and different gases at 3 levels (air, argon and oxygen), with the aim of determining the best type of gas, was investigated. Microbial load evaluation by microbial counting method on 0, 3, 6 and 9 days after plasma treatment were performed. Sensory evaluation of date samples was performed after 9 days of plasma treatment by 5-point hedonic method. The results of microbial analysis showed a reduction of 0.48 logarithmic cycles of aerobic mesophilic bacteria in air-plasma samples and also a reduction of 0.35 logarithmic cycles of aerobic mesophilic bacteria in oxygen-plasma samples compared to the control sample. The lowest mean growth of aerobic mesophilic bacteria was observed in the sample with plasma treated time of 240 s. Plasma treatment with arc discharge device significantly reduced the microbial load, so air and oxygen with duration of plasma treatment of 240 s had the highest effect in reducing the total count of aerobic mesophilic bacteria. Also, storage time had a significant effect on microbial load and the total number of aerobic mesophilic bacteria on the last day of storage was significantly (p <0.05) higher than other days. Sensory evaluation also

showed a significant difference between the sensory characteristics of plasma-treated samples and the control sample. Based on the scores of the evaluators, plasma-treated samples with air in the characteristics of flavor, texture, color and overall acceptance had 59, 45, 8 and 39% more scores than the control sample, respectively, which indicates the effectiveness of the plasma-treatment method in maintaining the quality of Mazafati dates.

Keywords: Mazafati dates, cold plasma, shelf life, microbial load, sensory evaluation.

اثر فرآوری پلاسمای سرد اتمسفری بر ویژگی‌های میکروبی و ارگانولپتیکی خرمای مضافتی

محمدصادق امیرمجاهدی[۱]، حسین مقصودی[۲]✉، محمد بلوردی[۳]، علیرضا گنجویی[۴]، مجید تراز[۵]

1.بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان ،کرمان، ایران

۲. نویسنده مسئول، ، بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان ،کرمان، ایران.

رایانامه: h.maghsoudi@uk.ac.ir

3.بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

4.گروه لیزر، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

5.بخش فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲۱- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۹- تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵)

چکیده: آلودگی میکروبی میوه خرما، به عنوان یکی از محصولات کشاورزی مهم و استراتژیک ایران، از عوامل مهم ضایعات این محصول به شمار می‌رود. لذا در این پژوهش تاثیر پلاسمای سرد به عنوان یکی از فناوری‌های نوین بر حفظ کیفیت و ماندگاری خرمای مضافتی با استفاده از دستگاه تخلیه قوس چرخشی لغزان، برای دو متغیر مدت زمان اعمال پلاسمادهی در ۵ سطح (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ ثانیه)، با هدف رسیدن به زمان بهینه و گازهای مختلف در ۳ سطح (هوا، آرگون و اکسیژن)، با هدف مشخص نمودن بهترین نوع گاز، بررسی شد و سپس ارزیابی بار میکروبی با روش شمارش میکروبی در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۹ پس از تیمار پلاسما انجام گرفت. ارزیابی حسی نمونه‌های خرما نیز پس از گذشت ۹ روز از اعمال تیمار پلاسما با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام گرفت. نتایج آنالیز میکروبی کاهش ۰/۴۸ سیکل لگاریتمی باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه پلاسمادهی شده با هوا و همچنین کاهش ۰/۳۵ سیکل لگاریتمی باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه پلاسمادهی شده با گاز اکسیژن در مقایسه با نمونه کنترل را نشان داد. اعمال پلاسما با تخلیه قوسی موجب کاهش معنی‌دار بار میکروبی شد، به طوری‌که گازهای هوا و اکسیژن با مدت زمان اعمال پلاسمای ۲۴۰ ثانیه بیشترین تاثیر را در کاهش شمارش‌کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی داشتند. همچنین زمان نگهداری نیز اثر معنی‌داری بر بار میکروبی داشت و شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی در روز آخر به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از روزهای دیگر بود. همچنین ارزیابی حسی تفاوت معنی‌داری بین مشخصه‌های حسی نمونه‌های تیمار شده با پلاسما و نمونه شاهد نشان داد. بر اساس امتیازدهی ارزیاب‌ها، نمونه‌های پلاسمادهی شده با هوا در مشخصه‌های عطر و طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی به ترتیب دارای ۵۹، ۴۵، ۸ و ۳۹ درصد امتیاز بیشتر نسبت به نمونه کنترل بودند که این موضوع بیانگر موثر بودن روش پلاسمادهی در حفظ کیفیت خرمای مضافتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خرمای مضافتی، پلاسمای سرد، ماندگاری، بار میکروبی، ارزیابی حسی.

مقدمه

تاثیر خرما بر وضعیت اقتصادی کشور ایران به عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده این محصول، دارای اهمیت زیادی است، به طوری که امرار معاش حدود نیمی از ساکنان نواحی جنوبی کشور از راه تولید و تجارت خرما می‌باشد. این محصول با دارا بودن مقادیر زیادی ویتامین، املاح مختلف و قند، محصولی ارزشمند با ارزش تغذیه‌ای بالا به شمار می‌رود. رطب مضافتی یکی از رقم‌های خرمای تجاری استان کرمان است که با داشتن رطوبت زیاد در شرایط عادی نگهداری و شرایط دمای گرم و مرطوب مورد تهاجم مخمرها و کپک‌ها قرار می‌گیرد و با توجه به تخمیر و ترشیدگی ناشی از فعل و انفعالات میکروارگانیسم‌ها، ترش و فاسد می‌شود، لذا این مشکل مانع از یافتن جایگاه مناسب در بازارهای جهانی شده است (Golshan Tafti and Fouladi, 2006).

اکثر مواد غذایی پس از برداشت محصول و طی فرآیند ذخیره‌سازی، درجات وخیم بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی را متحمل می‌شوند که موجب کاهش ارزش غذایی، ایمنی و جذابیت بازارپسندی مانند بافت، رنگ و طعم می‌گردد. از این رو به منظور تامین و حفظ بازارهای صادرات محصول خرما و ایجاد زمینه برای رقابت با سایر کشورها، کاهش آلودگی میکروبی خرما ضروری است (Iranian National Standard, 2013). برای عرضه محصول ارگانیک به صورت تازه و بهداشتی، نیاز به روش‌های بهداشتی موثر برای کاهش بار میکروبی، بدون تاثیر بر کیفیت محصول می‌باشد و ارائه راهکار مناسب و موثر در زمینه کاهش بار میکروبی و حفظ کیفیت محصولات کشاورزی از اولویت بالایی برخوردار می‌باشد (Bhatt *et al*., 2018).

پیشینهٔ پژوهش

استفاده از فناوری پلاسمای سرد یا غیرحرارتی، به عنوان روشی نوین، ارزان قیمت و دوست‌دار محیط زیست در سال‌های اخیر مورد توجه شاخه‌های مختلفی از علوم قرار گرفته است (Misra *et al*., 2011). پلاسمای سرد، در فشار اتمسفر با عبور گاز از میان یک میدان الکتریکی تولید می‌شود. این پلاسما تحت شرایطی تولید می‌شود که در آن دمای بخش عمده گاز بسیار پایین‌تر از دمای الکترون‌های آزاد است (Jayasena *et al*., 2015). پلاسما به واسطه حضور ذرات باردار الکترون و یون، اشعه فرابنفش، رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال شیمیایی می‌تواند سبب تغییراتی در دیواره سلولی، مورفولوژی و یا خصوصیات ژنتیکی میکروارگانیسم‌ها شده و باعث مرگ آنها گردد (Mazloom *et al*., 2013).

فناوری پلاسمای سرد با فشار اتمسفر به عنوان یک روش غیرحرارتی برای غلبه بر معایب روش‌های غیر فعال‌سازی حرارتی ظهور کرده است (Waghmare, 2021). پژوهش‌های اخیر نشان داده است روش پلاسمای سرد می‌تواند میکروارگانیسم‌ها را مهار کند، آنزیم‌های فسادزا را غیرفعال کند، ماندگاری را بهبود بخشد و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات زیست‌فعال[۱] مواد غذایی را حفظ کند. (Lotfy et al., 2022).

عباس‌زاده و همکاران، اعمال پلاسما به روش تخلیه سد دی‌الکتریک، به نمونه‌های دانه انار در دو حالت تیماردهی به طور مستقیم در مدت زمان‌های ۱، ۴ و ۷ دقیقه و پس از بسته‌بندی، با زمان‌های ۱ و۴ دقیقه، را مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی حسی بعد از ده روز انجام شد. نتایج نشان داد امتیاز نمونه‌های تیمار شده با پلاسما به طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه شاهد بود (Abbaszadeh *et al*., 2018b). در تحقیقی دیگر، تاثیر پلاسمای سرد بر بهبود ماندگاری هویج خرد شده را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ۳ تیمار، اعمال مستقیم پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه و ۱ و ۲ دقیقه بررسی

۱ Bioactive

شد. سپس نمونه‌ها بسته‌بندی شدند و برای ۳ تیمار دیگر ابتدا نمونه‌ها بسته‌بندی شده و سپس پلاسما به مدت ۱، ۲ و ۵ دقیقه بر آنها اعمال شد. ارزیابی حسی حدود چهار ماه بعد از انجام آزمایش برای پارامترهای رنگ، ظاهر و مقبولیت کلی توسط ۷ ارزیاب صورت گرفت. نتایج نشان داد در مدت زمان بهینه اعمال پلاسما یعنی ۳۰ ثانیه در اعمال مستقیم پلاسما و ۱ دقیقه در اعمال پلاسما در بسته‌بندی افزایش زمان ماندگاری محصول صورت می‌گیرد (Abbaszadeh *et al.*, 2018a). نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که پلاسمای سرد با فناوری غیرحرارتی می‌تواند سبب کاهش بار میکروبی سطح بیرونی محصولات کشاورزی شود.

در گزارشی Surowsky و همکاران به مطالعه توانایی پلاسما برای غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها در آبمیوه سیب پرداختند. میکروارگانیسم‌های موجود در آبمیوه سیب پس از مدت زمان ۴۸۰ ثانیه با مخلوطی از پلاسمای حاصل از گاز آرگون و اکسیژن ۵ سیکل لگاریتمی کاهش نشان دادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین غیرفعال‌سازی در بالاترین مدت اعمال پلاسما و بیش‌ترین درصد اکسیژن می‌باشد (Surowsky *et al.*, 2014).

بررسی تاثیر پلاسمای سرد اتمسفری به مدت صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه بر زغال‌اخته توسط Lacombe و همکاران انجام شد و اثرات آن بر شمارش کلی باکتری‌های هوازی، کپک‌ها و مخمرها بلافاصله پس از فرآیند و پس از ۱، ۲ و ۷ روز مورد بررسی قرار گرفت. سفتی، رنگ و محتوی آنتوسیانین کل بلافاصله پس از فرآیند مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد پلاسمای سرد منجر به کاهش قابل توجه باکتری‌های هوازی در مقایسه با شاهد شد. زمان فرآیند بیش از ۶۰ و۹۰ ثانیه به ترتیب منجر به کاهش قابل توجه سفتی و محتوی آنتوسیانین گردید. (Lacombe *et al.*, 2015). Niemira و همکاران از پلاسمای سرد قوسی جهت غیرفعال کردن اشریشیا کلی و سالمونلا بر سطح سیب استفاده نمودند و نشان دادند که هر دو پاتوژن تحت تاثیر پلاسمادهی غیرفعال شده‌اند و با افزایش جریان گاز، میزان غیرفعال‌سازی افزایش یافته است (Niemira and Sites, 2008).

در پژوهشی دیگر Hertwig و همکاران، به بررسی اثر نوع گاز پلاسمای سرد بر رنگ نمونه و غیرفعال شدن باکتری *سالمونلا اینتریدیس* سطح بادام پرداختند. هوا، گازهای اکسیژن، نیتروژن، دی‌اکسیدکربن و ۹۰ درصد دی اکسید کربن به همراه ۱۰ درصد آرگون به عنوان گاز استفاده شدند. نتایج نشان داد غیر فعال‌سازی بستگی به نوع گاز داشت. پس از ۱۵ دقیقه، گاز هوا منجر به غیر فعال‌سازی بیش از ۵ سیکل لگاریتمی، گاز اکسیژن، نیتروژن، دی اکسید کربن و دی اکسید کربن+آرگون به ترتیب منجر به کاهش ۴/۸، ۲، ۲/۳ و۳ سیکل لگاریتمی شدند. پلاسمادهی با هوا و گاز نیتروژن منجر به قهوه‌ای شدن رنگ سطح پوست بادام گردید. در حالی که سایر گازها به طور قابل توجهی رنگ را تغییر ندادند (Hertwig *et al.*, 2017).

در پژوهشی که روی میوه خرما انجام شد، تخلیه سطحی سد دی‌الکتریک ۱ برای مهار رشد قارچ *آسپرژیلوس نایجر* استفاده شد. برای این کار، این قارچ از هفت رقم مختلف خرمای موجود در منطقه الاحساء عربستان جداسازی شد. در این پژوهش تاثیر پلاسمای سرد بر مواد فعال زیستی، محتوای شیمیایی و سطوح هیدروکسی متیل فورفورال (HMF) برخی از ارقام خرما مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش افزایش محتوای فنولی، افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و کاهش فعالیت قارچ *آسپرژیلوس نایجر* در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد را نشان داد (Lotfy *et al.*, 2022).

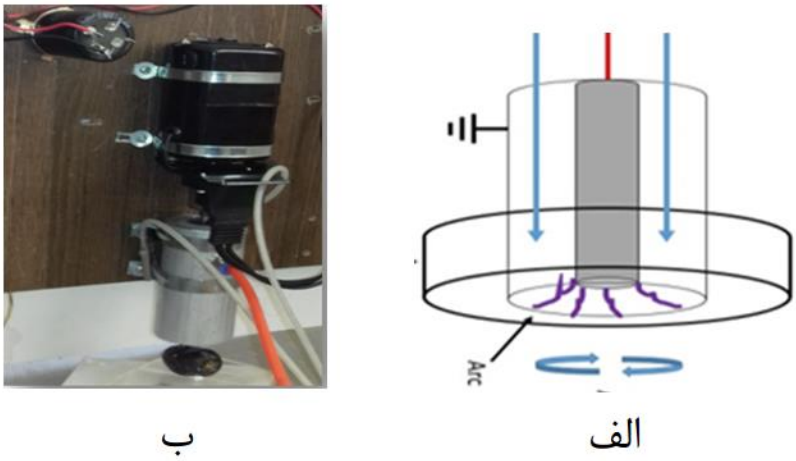
برای دستیابی به افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی تاکنون روش‌هایی متعدد حرارتی و غیرحرارتی برای ضدعفونی میکروارگانیسم‌های نامطلوب

1 Surface dielectric barrier discharge (SDBD)

ارائه شده است که هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. با مطالعه تحقیقات دیگران، انتظار می‌رود بتوان از روش پلاسمادهی برای حفظ کیفیت تغذیه‌ای و حسی محصول رطب مضافتی، بدون به خطر انداختن ایمنی محصول استفاده کرد. لذا در این مطالعه روش پلاسمادهی با تخلیه قوسی با استفاده از گازهای مختلف و در مدت زمان‌های متفاوت روی میوه رطب مضافتی با هدف بررسی تاثیر پلاسما بر بار میکروبی و ویژگی های حسی خرمای مضافتی مورد استفاده قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده نشان داد که هیچ مطالعه قبلی تاثیر پلاسمای سرد بر بار میکروبی و ویژگی‌های حسی میوه خرمای مضافتی را بررسی نکرده است.

روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر، نمونه خرمای مضافتی از باغ‌های منطقه رستم‌آباد شهرستان نرماشیر بم (کرمان، ایران) و در مرحله رطب و جهت جلوگیری از دخالت دست با خوشه برداشت شد و تحت شرایط کنترل شده دمایی و در کم‌ترین زمان ممکن به شرکت پژوهش‌گران فیزیک کاربردی بوتیا (کرمان، ایران) منتقل و عملیات انتخاب نمونه‌ها به صورت دستی و تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شد. نمونه‌های رطب مضافتی در شرایط یکسان از لحاظ شکل، رنگ، ابعاد و تازگی انتخاب و نمونه‌ها در محیطی استریل در معرض پلاسمادهی قرار گرفتند. راکتور پلاسمای استفاده شده برای پلاسمادهی، از نوع قوس چرخشی لغزان و با تخلیه قوسی بود که قابلیت کار در دما و فشار اتمسفر را داشته و گاز مورد استفاده برای آن ۳ گاز متفاوت هوا، آرگون و اکسیژن در نظر گرفته شد. طراحی و ساخت این دستگاه توسط شرکت پژوهشگران فیزیک کاربردی بوتیا انجام شد. شکل ۱ راکتور قوس چرخش لغزان مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: (الف) طرح‌واره راکتور قوس چرخشی لغزان و (ب) دستگاه واقعی در حین انجام آزمایش

Figure 1: (a) Schematic of the sliding rotary arc reactor and (b) the actual device during the experiment

منبع تغذیه این راکتور از نوع AC (ولتاژ بالا)، ولتاژ راکتور ۶/۴ کیلو ولت و فرکانس راکتور ۵۰ کیلوهرتز با قابلیت کار در دمای اتمسفر بود. پلاسمادهی بر مبنای تغییر مدت زمان پلاسمادهی به نمونه‌های خرمای مضافتی در ۵ سطح (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ ثانیه) و نوع گاز مورد استفاده در سه سطح (گاز هوا، گاز آرگون و گاز اکسیژن) با دبی ۰/۵ L/s اعمال گردید و نمونه‌های تیمار شده در ظروف استریل و درب‌دار، به آزمایشگاه بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه شهید باهنر کرمان جهت انجام آزمایش‌ها انتقال داده شد.

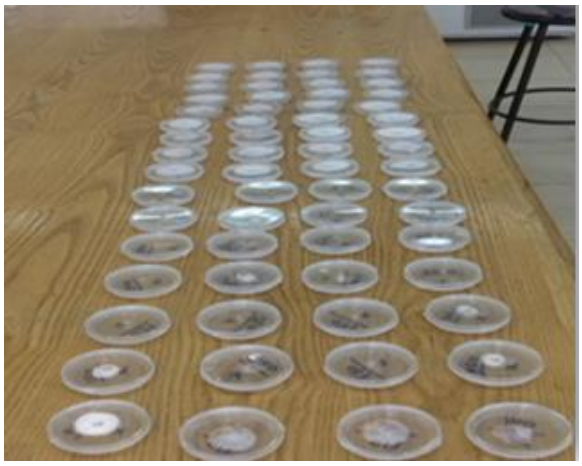
روند تغییر خصوصیات کیفی خرما طی مدت نگهداری در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۹ پس از پلاسمادهی و نگهداری در دمای محیط، مورد ارزیابی قرار گرفت. قبل از پلاسمادهی نمونه‌های خرما، محیط اطراف دستگاه و جایگاه قرارگیری نمونه و ظروف مورد استفاده با استفاده از اتانول ۷۰ درصد و پلاسمای سرد ضدعفونی شد و انجام عملیات پلاسمادهی در محیطی کاملا استریل صورت پذیرفت. جهت اطمینان از اعمال پلاسمادهی به تمام سطوح نمونه رطب مضافتی و با توجه به عدم وجود و تعبیه سیستم چرخشی برای جایگاه قرارگیری نمونه، چرخش نمونه‌ها به صورت دستی و متناسب با زمان پلاسمادهی انجام شد. فاصله ۲ سانتی‌متر از محل ایجاد پلاسما تا جایگاه قرارگیری نمونه تنظیم و مدنظر قرار گرفت (شکل ۲).

شکل ۲: نمونه در حال پلاسمادهی توسط راکتور قوس چرخشی لغزان حین پلاسمادهی

Figure 2: The sample plasma treatment by the sliding rotary arc reactor

آزمون میکروبی

پس از جداسازی هسته نمونه‌های خرمای پلاسما داده شده در شرایط کاملاً استریل، مقدار ۲/۵۰۰ گرم از نمونه خرما، با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد و بلافاصله در ۲۵ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل قرار داده شد. پس از تهیه یک مخلوط همگن از این مخلوط چندین رقت متوالی (۱ میلی‌لیتر نمونه با ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی) تهیه گردید. همچنین از محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) برای بررسی رشد باکتری‌ها استفاده شد (Iranian National Standard, 2015). در این پژوهش از روش پورپلیت استفاده شد و در نهایت، تعداد کلنی میکروارگانیسم‌ها در هر گرم نمونه به دست آمد. برای ارزیابی بار میکروبی نمونه‌ها، شامل باکتری‌های مزوفیل هوازی، از روش شمارش کلی استفاده گردید. شکل ۳ مراحل کشت میکروبی در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۳: مراحل کشت میکروبی نمونه‌های خرمای پلاسمادهی شده و نمونه کنترل

Figure 3: Microbial culture steps of plasma treated date samples and control sample

برای انجام روش کشت آمیخته یا پورپلیت با هدف شمارش باکتری کل هوازی، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده از باکتری در ۳ تکرار در کف پلیت استریل ریخته شد و سپس ۱۵ تا ۲۰ میلی‌لیتر محیط کشت در شرایط کاملاً استریل و زیر هود میکروبی به پلیت اضافه شد و با حرکات دورانی به شکل 8 لاتین و با دقت مخلوط گردید. جهت شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی، پلیت‌های کشت داده شده با روش پورپلیت و با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند. بعد از انکوباسیون پلیت‌های با تعداد ۳۰۰ – ۱۵ کلنی شمارش و بار میکروبی بر حسب $\log CFUg^{-1}$ محاسبه شد (Iranian

National Standard, 2015).

ارزیابی‌های حسی

بررسی خصوصیات حسی نمونه‌های رطب مضافتی بعد از تیمار شدن با پلاسما و پس از گذشت مدت زمان ۹ روز از اعمال پلاسما با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه-ای انجام شد. در این آزمون از تعداد ۳۲ ارزیاب درباره رنگ ظاهری، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی محصول نظرسنجی شد. به این صورت که تمامی نمونه‌ها به همراه شاهد به طور همزمان در اختیار داوران قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد پس از بررسی نمونه‌ها به هریک از شاخص‌ها امتیاز دهند. امتیازدهی به نحوی بود که به کم‌ترین مطلوبیت عدد ۱ و به بیش‌ترین مطلوبیت عدد ۹ تعلق گرفت (۱ بسیار بد، ۳ بد، ۵ متوسط، ۷ خوب و ۹ بسیار خوب) و سپس نتایج تفسیر شد. ویژگی‌های حسی محصول که شامل خصوصیاتی مانند عطر و طعم، بافت، رنگ، و پذیرش کلی می‌باشد تاثیر زیادی در پذیرش آن توسط مصرف کننده دارد (Allende *et al.*, 2006).

آنالیز آماری

در این پژوهش مدت زمان اعمال پلاسما در ۵ سطح (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ ثانیه)، نوع گاز مورد استفاده در ۳ نوع (هوا، گاز آرگون و گاز اکسیژن) و دوره نگهداری در ۴ سطح (روز اول، روز سوم، روز ششم و روز نهم) به عنوان متغیرهای مستقل مدنظر قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد. آزمون‌ها در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملا تصادفی انجام گرفت. مقایسه میانگین نمونه‌ها براساس آزمون‌های چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط نرم افزار Mstatc مورد بررسی قرار گرفت وبرای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excel 2016 استفاده شد.

یافته‌های پژوهش و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیر پلاسمادهی قوسی در فشار اتمسفر با گازهای مختلف، زمان پلاسمادهی و زمان نگهداری بر شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی میوه رطب مضافتی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تاثیر نوع گاز، زمان پلاسمادهی و زمان نگهداری بر شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس تأثیر پلاسمادهی با گازهای مختلف، زمان پلاسمادهی و زمان نگهداری بر شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی میوه رطب مضافتی

Table 1: The results of the analysis of variance of the effect of plasma treatment with different gases, treatment time and storage time on the total count of aerobic mesophilic bacteria of Mazafati date.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
نوع گاز	۳	۱/۸۰۱۶**
زمان پلاسمادهی	۴	۰/۷۳۰۶۶**
زمان نگهداری	۳	۳/۱۷۷۸**
نوع گاز × زمان پلاسمادهی	۸	۰/۲۴۰۸**
نوع گاز × زمان نگهداری	۶	۰/۲۱۴۲**
زمان پلاسمادهی × زمان نگهداری	۱۲	۰/۰۱۴۴ ns
نوع گاز × زمان پلاسمادهی × زمان نگهداری	۲۴	۰/۰۳۷۶ns
خطا	۸۰	۰/۰۴۳۹

ns به معنی عدم اختلاف معنی‌دار، * به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** به معنای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

اثر متقابل تیمار نوع گاز و زمان پلاسمادهی و اثر متقابل تیمار نوع گاز و زمان نگهداری بر جمعیت باکتری‌های مزوفیل هوازی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میانگین بار میکروبی (۳/۳۸ log cfu/g) در انتهای دوره انبارمانی برای نمونه پلاسمادهی شده به مدت ۳۰ ثانیه با گاز آرگون مشاهده شد. جمعیت باکتری‌های مزوفیل هوازی در انتهای دوره انبارمانی در نمونه پلاسمادهی شده به مدت ۲۴۰ ثانیه با هوا (log ۱/۹۱cfu/g) به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) کم‌تر از نمونه کنترل (۳/۰۴ log cfu/g) بود. میانگین بار میکروبی تحت تاثیر زمان پلاسمادهی قرار گرفت و کمترین میانگین رشد باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه با زمان پلاسمادهی ۲۴۰ ثانیه مشاهده شد. در پژوهشی که روی رقم های مختلف خرما انجام شد نیز روند مشابهی تحت تاثیر افزایش مدت زمان پلاسمادهی نمونه مشاهده شد و با سه برابر شدن این زمان، کاهش حدود ۴ log cfu/g در میکروارگانیسم تلقیح شده رویت گردید. نتایج آن پژوهش نشان داد تفاوت معنی‌داری در میزان باقی مانده از قارچ آسپرژیلوس، بسته به مدت زمانی که آنها پلاسمادهی شده‌اند، وجود داشت (Lotfy et al., 2022). جدول ۲ شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مورد مطالعه در زمان‌های مختلف و نمونه کنترل در طی انبارمانی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: شمارش کلی باکتری های مزوفیل هوازی (Log10 cfu g-1) در نمونه‌های میوه رطب پلاسمادهی شده با گازهای مورد مطالعه در زمان‌های مختلف و نمونه کنترل در طی انبارمانی. حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بین میانگین‌ها می‌باشد.

Table 2: Total count of aerobic mesophilic bacteria (Log10 cfu g-1) in date samples treated with studied gases at different times and control sample during storage. Different letters indicate a significant difference ($p<0.05$) between the means.

تیمار	زمان (ثانیه)	روز صفر	روز ۳	روز ۶	روز ۹
شاهد	----	۲/۰±۵۷/۱۵^{kl}	۲/۰±۶۱/۱۵^{ijk}	۲/۰±۸۶/۰۹^{fg}	۳/۰±۰۴/۱۳^{c}
گاز هوا	۳۰	۲/۰±۳۳/۰۷^{op}	۲/۰±۶۳/۱۸^{ij}	۲/۰±۸۲/۲۹^{g}	۲/۰±۹۷/۰۵^{d}
	۶۰	۲/۰±۲۸/۰۳^{pq}	۲/۰±۵۸/۱۱^{jkl}	۲/۰±۶۰/۴۰^{ijk}	۲/۰±۹۴/۱۰^{de}
	۱۲۰	۲/۰±۰۴/۰۴^{vwx}	۲/۰±۱۲/۰۱st	۲/۰±۳۱/۱۳^{op}	۲/۰±۳۳/۲۵^{o}
	۱۸۰	۲/۰±۰۲۴/۰۴^{wx}	۲/۰±۱۰/۳۰^{tu}	۲/۰±۱۰/۱۶^{tu}	۲/۰±۲۰/۰۷^{r}
	۲۴۰	۱/۰±۴۷/۰۷$^{\backslash}$	۱/۰±۸۰/۱۷^{l}	۱/۰±۸۱/۳۰^{l}	۱/۰±۹۱/۲۷^{z}
گاز آرگون	۳۰	۲/۰±۵۷/۳۲^{klm}	۲/۰±۶۳/۰۹^{i}	۲/۰±۶۹/۲۴^{h}	۳/۰±۳۸/۰۶^{a}
	۶۰	۲/۰±۲۹/۲۹^{opq}	۲/۰±۵۳/۳۳^{lm}	۲/۰±۶۴/۲۳^{i}	۳/۰±۰۵/۲۴^{c}
	۱۲۰	۲/۰±۵۷/۲۹^{klm}	۲/۰±۵۷/۲۲^{kl}	۲/۰±۶۱/۰۳^{ijk}	۲/۰±۹۵/۰۷^{d}
	۱۸۰	۲/۰±۱۶/۲۱^{rs}	۲/۰±۴۴/۱۸^{n}	۲/۰±۹۰/۱۵^{ef}	۳/۰±۰۲/۲۸^{c}
	۲۴۰	۲/۰±۰۴/۰۶^{vwx}	۲/۰±۲۹/۱۹^{opq}	۱/۰±۹۱/۱۲^{z}	۲/۰±۹۵/۲۱^{d}
گاز اکسیژن	۳۰	۲/۰±۱۳/۱۸st	۲/۰±۴۴/۳۵^{n}	۲/۰±۶۰/۲۸^{ijk}	۳/۰±۲۰/۱۶^{b}
	۶۰	۲/۰±۱۷/۱۸^{rs}	۲/۰±۴۴/۰۸^{n}	۲/۰±۲۵/۶۴^{q}	۳/۰±۰۳/۲۰^{c}
	۱۲۰	۲/۰±۱۷/۰۷^{rs}	۲/۰±۰۰/۳۹^{x}	۲/۰±۰۶/۱۱^{uvw}	۳/۰±۰۶/۲۲^{c}
	۱۸۰	۱/۰±۹۵/۰۷^{yz}	۲/۰±۰۰/۴۲^{xy}	۲/۰±۰۲/۲۸^{wx}	۳/۰±۰۵/۱۰^{c}
	۲۴۰	۲/۰±۱۶/۲۲^{rs}	۲/۰±۰۸/۰۵^{tuv}	۲/۰±۵۲/۴۰^{m}	۳/۰±۰۲/۳۰^{c}

اعمال پلاسما با تخلیه قوسی موجب کاهش معنی‌دار بار میکروبی شد، به طوری که هوا در مدت زمان اعمال پلاسمای ۲۴۰ ثانیه بیشترین تاثیر را در کاهش شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی داشت. همچنین زمان نگهداری نیز اثر معنی‌داری بر بار میکروبی نشان داد و شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی در روز آخر به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از روزهای دیگر بود. بیشترین کاهش بار میکروبی پس از گذشت ۹ روز در طولانی‌ترین مدت اعمال پلاسما بر پایه تخلیه قوسی ۲۴۰ ثانیه و نوع گاز هوا به دست آمد.

پلاسمای سرد با فناوری غیرحرارتی می‌تواند سبب

کاهش بار میکروبی سطح مواد غذایی خام کشاورزی شود. پلاسما به واسطه حضور ذرات باردار الکترون و یون، اشعه فرابنفش، رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال شیمیایی، می‌تواند سبب تغییراتی در دیواره سلولی، مورفولوژی و یا خصوصیات ژنتیکی میکروارگانیسم‌ها شده و در نتیجه باعث حذف آنها گردد (Mazloom *et al.*, 2013). تخریب میکروارگانیسم‌ها با استفاده از پلاسمای غیرحرارتی به دلیل عوامل متعددی که در آن دخیل هستند، فرآیندی پیچیده تلقی می شود (Dasan *et al.*, 2016).

گونه‌های فعال تولید شده توسط پلاسمای غیرحرارتی ممکن است به طور قابل توجهی یکپارچگی سلولی میکروارگانیسم‌ها را مختل کنند (Misra et al., 2015). دیواره غنی از پلی ساکارید و خارجی‌ترین لایه سلول‌های میکروبی به طور مستقیم توسط گونه‌های واکنشی تولید شده توسط پلاسمای غیرحرارتی تغییر می‌یابند و مولکول‌های آلی تشکیل‌دهنده سلول‌های میکروبی در معرض پلاسما غیرحرارتی قرار می‌گیرند. در نتیجه برخی از پیوندهای ترکیبات هیدروکربنی که این ترکیبات آلی را تشکیل می‌دهند از بین می‌روند (Ambrico et al., 2020). به دلیل واکنش سریع گونه-های مذکور با مولکول‌های زیستی، این ترکیبات با سرعت بیشتری تخریب می‌شوند و منجر به غیرفعال شدن سلول‌های میکروارگانیسم می‌گردند (Kuzminova et al., 2017).

نتایج ارزیابی حسی

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمار نوع گاز و زمان پلاسمادهی بر عطر و طعم نمونه‌های خرما در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میانگین امتیاز عطر و طعم پس از ۹ روز در نمونه‌های پلاسمادهی شده با هوا (۸/۶۰) و نمونه پلاسمادهی شده با اکسیژن (۷/۶۷) مشاهده شد. براساس نظر ارزیاب‌ها کمترین امتیاز مربوط به نمونه کنترل (۴/۷۵) مشاهده شد.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس تأثیر پلاسمادهی با گازهای مختلف و زمان پلاسمادهی بر ا رزیابی حسی میوه رطب

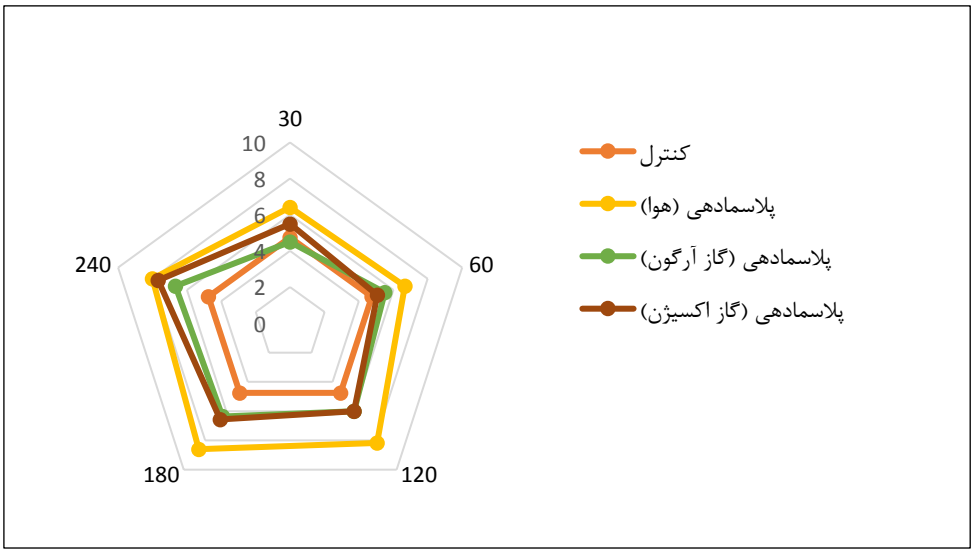
Table 3: Results of variance analysis of the effect of plasma treatment with different gases and treatment time on the sensory evaluation of date samples.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		طعم و مزه	بافت	رنگ	پذیرش کلی
نوع گاز پلاسما	۳	۲۰/۳۹**	۱۳/۱۹**	۱۱/۴۳**	۱۳/۴۸**
زمان پلاسمادهی	۴	۵/۱۰**	۸/۶۳**	۵/۵۸**	۵/۸۲**
نوع گاز پلاسما × زمان پلاسمادهی	۱۲	۰/۹۸**	۱/۱۸ **	۰/۹۴ **	۰/۷۶ **
خطا	۴۰	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۱۳

ns به معنی عدم اختلاف معنی‌دار، * به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** به معنای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

شکل ۴ نمودار ارزیابی حسی عطر و طعم در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل را نشان میدهد. تفاوت در امتیاز عطر و طعم نمونه پلاسما دهی شده با نمونه شاهد می‌تواند به علت تاثیر پلاسما بر فعالیت میکروبی باشد. اعمال پلاسما با کاهش فعالیت میکروبی می‌تواند مانع از تولید ترکیبات عطر و طعمی نامطلوب در نمونه خرمای مضافتی گردیده و از این حیث کیفیت محصول پلاسمادهی شده نسبت به نمونه شاهد بیشتر خواهد بود. Song و همکاران، با بررسی تاثیر پلاسمای سرد بر نمونه کاهو نشان دادند پلاسمادهی تاثیر منفی بر خصوصیات حسی کاهو نداشت و به طور کلی، داده‌ها نشان دادند که تیمار پلاسمای سرد به عنوان ابزاری برای بهبود ایمنی میکروبیولوژیکی کاهو بدون تاثیر بر خصوصیات

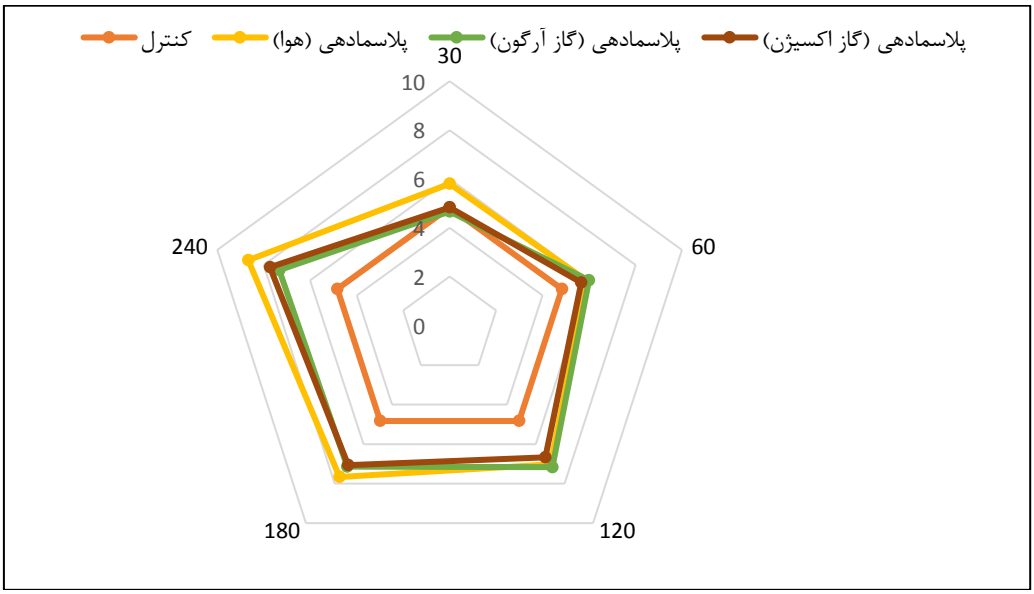
حسی آن می‌باشد (Song *et al.*, 2015).



شکل ۴- ارزیابی حسی عطر و طعم در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل

Figure 5- Sensory evaluation of aroma and flavor in the Mazafati date samples treated with different gases and the control sample

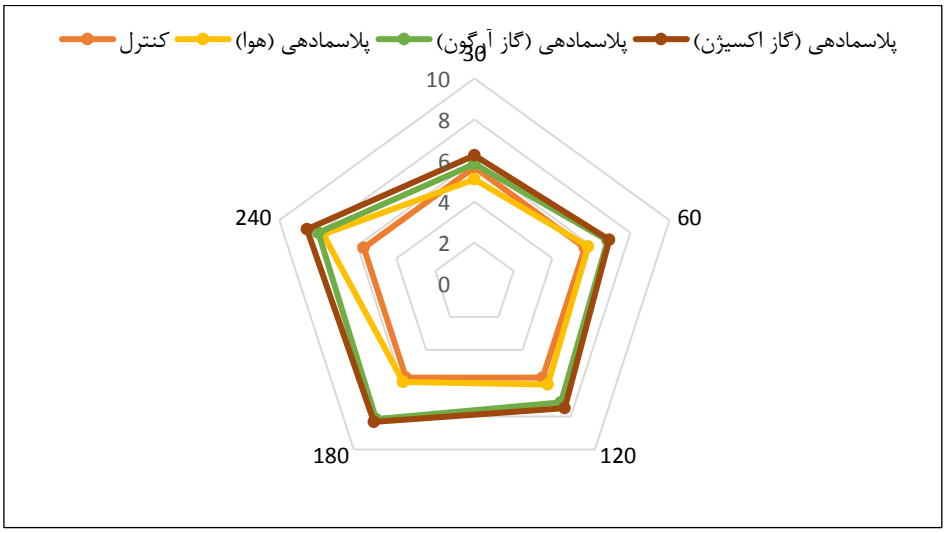
شکل ۵ نیز نمودار ارزیابی حسی بافت در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل را نشان می‌دهد. بررسی بافت نمونه‌ها نیز نشان داد نمونه‌های پلاسمادهی شده به مدت ۲۴۰ ثانیه پس از گذشت ۹ روز بافت بهتری نسبت به نمونه کنترل داشتند. در این جا نیز اعمال پلاسما با کاهش فعالیت میکروبی در طی دوره انبارداری می‌تواند از فعالیت میکروب‌های فسادزا ممانعت کرده و از این طریق بافت محصول بهتر حفظ می‌شود. با توجه به اینکه پلی‌ساکاریدهای موجود در خرما در ایجاد بافت مطلوب آن موثر هستند، بنابراین فعالیت میکروبی می‌تواند باعث تخریب این پلی‌ساکاریدها شده و امتیاز مربوط به بافت محصول را کاهش دهد و با توجه به اینکه پلاسمادهی سبب کاهش فعالیت میکروبی می‌گردد، بافت محصول پلاسمادهی شده بهتر از نمونه کنترل می‌باشد (Song *et al.*, 2015).



شکل ۵- ارزیابی حسی بافت در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل

Figure 6- Sensory evaluation of the texture in the Mazafati date samples treated with different gases and the control sample

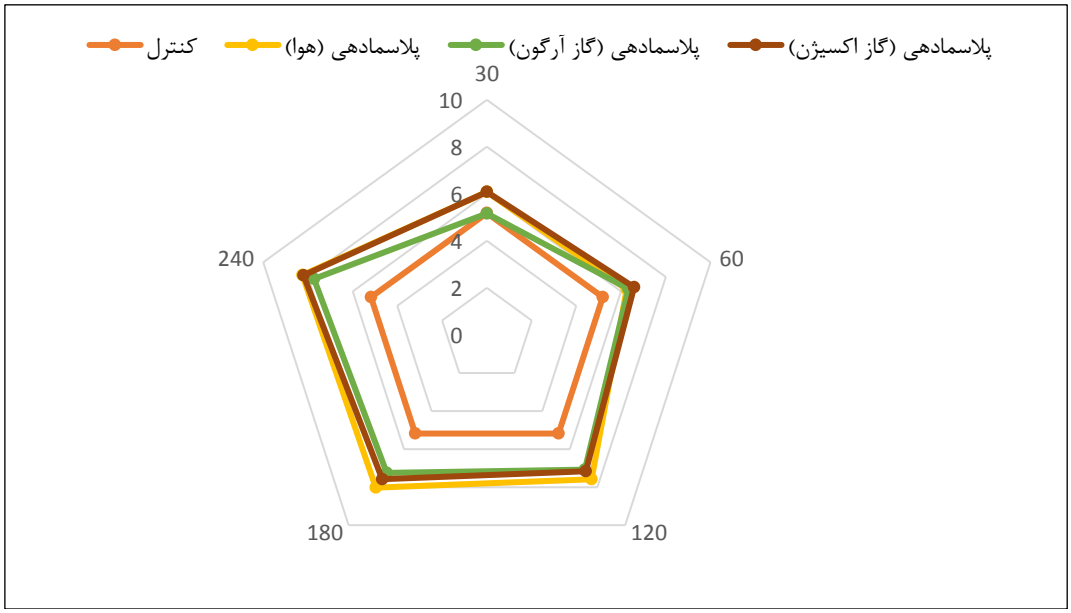
شکل ۶ نمودار ارزیابی حسی رنگ در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمار نوع گاز و زمان پلاسمادهی ($p<0.01$) بر ارزیابی رنگ نمونه‌های خرما معنی‌دار بود. تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) بین میانگین امتیاز نمونه‌های کنترل و نمونه‌های پلاسمادهی شده مشاهده شد و نمونه کنترل (۵/۶۷) به صورت معنی‌داری امتیاز کمتری از نظر رنگ دریافت کرد. براساس نظر ارزیاب‌ها بیشترین امتیاز رنگ به ترتیب در نمونه پلاسمادهی شده با اکسیژن (۸/۵۸)، آرگون (۸/۱۷) و هوا (۷/۷۵) مشاهده شد. برخی محققان بیان کرده‌اند، پلاسما بر رنگ محصول فرآوری شده اثری ندارد، اما برخی دیگر از پژوهش‌ها حکایت از آن دارد که پلاسما اثر بهبود دهنده‌ای بر رنگ محصول فرآوری شده دارد. اثر پلاسما بر رنگ محصول می‌تواند تحت تاثیر عمق نفوذ پلاسما و همچنین اثر گونه‌های فعال موجود در پلاسما بر ترکیبات شیمیایی موجود در محصول باشد (Song *et al.*, 2015). بررسی اثر پلاسمای سرد بر گوشت مرغ نشان داد که پلاسمای سرد خواص حسی گوشت مرغ به جز رنگ و ظاهر نمونه‌های تیمار شده با اکسیژن را بهبود می‌دهد (Song *et al.*, 2015).



شکل ۶- ارزیابی حسی رنگ در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل

Figure 7- Sensory evaluation of color in the Mazafati date samples treated with different gases and the control sample

شکل ۷ نمودار ارزیابی حسی پذیرش کلی در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، پذیرش کلی تحت تاثیر اثر متقابل نوع گاز و زمان پلاسمادهی در سطح ۱ درصد قرار گرفت. از نظر پذیرش کلی نمونه پلاسمادهی شده با هوا (۸/۲۵) و نمونه پلاسمادهی شده با اکسیژن (۸/۲۰)، هر دو در مدت پلاسمادهی ۲۴۰ ثانیه، بیشترین امتیاز را دریافت کردند و تفاوت معنی‌داری میان این دو تیمار وجود نداشت، نمونه کنترل نیز با کسب میانگین امتیاز ۵/۱۸ قابلیت پذیرش کلی کمتری داشت. از آن‌جایی که تیمار پلاسما باعث بهبود برخی ویژگی‌های حسی نظیر عطر و طعم، رنگ و بافت خرمای مضافتی پس از گذشت ۹ روز از انبارداری می‌شود، بالاتر بودن امتیاز پذیرش کلی در محصول پلاسمادهی شده نسبت به نمونه کنترل نیز قابل انتظار می‌باشد. بررسی اثر پلاسمای سرد بر میوه انجیر تازه نشان داد که این فرآیند دوره انبارمانی انجیر را بهبود می‌بخشد (Abbaszadeh *et al.*, 2018).



شکل ۷- ارزیابی حسی پذیرش کلی در نمونه‌های میوه رطب مضافتی پلاسمادهی شده با گازهای مختلف و نمونه کنترل

Figure 8- Sensory evaluation of the overall acceptance in the Mazafati date samples treated with different gases and the control sample

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد پلاسمادهی سرد می‌تواند به عنوان یک روش غیرحرارتی مناسب برای حفظ برخی ویژگی‌های خرمای مضافتی از جمله کاهش بار میکروبی، بهبود ویژگی‌های حسی (شامل عطر و طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها) و همچنین افزایش ماندگاری مدنظر قرار گیرد. در مورد گازهای استفاده شده، پلاسمادهی با هوا در مدت زمان ۲۴۰ ثانیه، در کنار صرفه اقتصادی، می‌تواند به میزان بیشتری نسبت به سایر گازها سبب کاهش بار میکروبی شده و از این طریق موجب جلوگیری از فعل و انفعالات بیولوژیکی و حفظ کیفیت و تاخیر در فساد محصول در مدت زمان نگهداری شود. همچنین ارزیابی حسی تفاوت معنی‌داری بین مشخصه‌های عطر و طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌های تیمار شده با پلاسما و نمونه شاهد نشان داد. بر اساس امتیازدهی ارزیاب‌ها، نمونه‌های پلاسمادهی شده دارای امتیاز بیشتری نسبت به نمونه کنترل بودند که نشان دهنده این موضوع بود که پلاسمادهی روش مناسبی در حفظ کیفیت خرمای مضافتی می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده معنی دار بودن اثر زمان اعمال تیمار پلاسمادهی بر خصوصیات میکروبی و حسی رطب مضافتی می‌باشد.

REFERENCES

Abbaszadeh, R, Alimohammad, K and Zarrabi Ekbatani, R. (2018a). Application of cold plasma technology in quality preservation of fresh fig fruit (Siyah): a feasibility study. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2), 165-173.

Abbaszadeh, R, Zarrabi, R and Alimohammad, K. (2018b). The effect of cold plasma on improving the shelf life of carrot pieces. Processing technology of agricultural products conference, Kerman, Iran. (In Farsi)

Abbaszadeh, R, Zarrabi, R and Alimohammad, K. (2018c) .Using cold plasma technology as a new method in maintaining the quality of pomegranate arils. 11th National Congress on Biosystems Engineering and Mechanization., Hamedan, Iran. (In Farsi)

Abdel-Naeem, HH, Ebaid, EM, Khalel, KH, Imre, K, Morar, A, Herman, V and EL-Nawawi, FA. (2022). Decontamination of chicken meat using dielectric barrier discharge cold plasma technology: The effect on microbial quality, physicochemical properties, topographical

structure, and sensory attributes. *LWT*, 165, 113739.

Allende, A, Mcevoy, JL, Luo, Y, Artes, F and Wang, CY (2006). Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf'lettuce. *Food microbiology*, 23, 241-249.

Ambrico, PF, Šimek, M, Rotolo, C, Morano, M, Minafra, A, Ambrico, M, Pollastro, S, Gerin, D, Faretra, F and De Miccolis Angelini, RMJSR (2020). Surface Dielectric Barrier Discharge plasma: A suitable measure against fungal plant pathogens. 10, 1-17.

Bhatt, HK, Prasad, R, Joshi, D and Sagarika, N (2018). Non-Thermal plasma system for decontamination of fruits, vegetables and spices: A review. *Int J Chem Stud*, 6, 619-627.

Dasan, BG, Mutlu, M and Boyaci, IH (2016). Decontamination of Aspergillus flavus and Aspergillus parasiticus spores on hazelnuts via atmospheric pressure fluidized bed plasma reactor. International Journal of Food Microbiology. 216, 50-59.

Golshan Tafti, A and Fouladi, MH (2006). Prevention of moisture loss in Mozafati Rutab using permitted antimicrobial agents. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.*, 37, 131-137.

Hertwig, C, Leslie, A, Meneses, N, Reineke ,K, Rauh, C and Schlüter, O (2017). Inactivation of Salmonella Enteritidis PT30 on the surface of unpeeled almonds by cold plasma. *Innovative food science & emerging technologies*, 44, 242-248.

Iranian National Standard (2013). Soft packed dates- Microbiological specification and test methods. INSO 16217. 1st Ed.

Iranian National Standard (2015). Microbiology of the food chain – Comprehensive method for the enumeration of microorganisms - Part 1:Colony count at 30°C by the pour plate technique. INSO 5272-1, 1st Ed.

Jayasena, DD, Kim, HJ, Yong, HI, Park, S, Kim, K, Choe, W and Jo, C (2015). Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. *Food microbiology*, 51-57, 46.

Kuzminova, A, Kretková, T, Kylián, O, Hanuš, J, Khalakhan, I, Prukner, V, Doležalová, E, Šimek, M and Biederman, H (2017). Etching of polymers, proteins and bacterial spores by atmospheric pressure DBD plasma in air. Journal of Physics Applied Physics. 50, 135201.

Lacombe, A, Niemira, BA, Gurtler, JB, Fan, X, Sites, J, Boyd, G and Chen, H (2015). Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. *Food microbiology*, 46, 479-484.

Lotfy, K, Al-Qahtani, SM, Al-Harbi, NA, El-Absy, KM, Bu Shulaybi, FA, Alali, SA and Mashtoly, Ta (2022). Influence of Non-Thermal Plasma on the Quality and Nutritional Content of Palm Dates. Applied Sciences. 12, 8587.

Mazloom, S, Fallah-Shojaei, M, Kamani, MH and Mirzaei, H (2013). A review of the use of cold plasma technology in the packaging industry. *Journal of packaging science and Technology.*, 4.

Misra, N, Keener, K, Bourke, P, Cullen, PJ (2015). Generation of in-package cold plasma and efficacy assessment using methylene blue. Plasma Chemistry and Plasma Processing. 35, 1043-1056.

Misra, N, Tiwari, B, Raghavarao, K and Cullen, P (2011). Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3, 159-170.

Niemira, BA and Sites, J (2008). Cold plasma inactivates Salmonella Stanley and Escherichia coli O157: H7 inoculated on golden delicious apples. *Journal of Food Protection*, 71, 1357-1365.

Song, AY, Oh, YJ, Kim, JE, Song, KB, Oh, DH and Min, SC (2015). Cold plasma treatment for microbial safety and preservation of fresh lettuce. *Food science and biotechnology*, 24, 1717-1724.

Surowsky, B, Froehling, A, Gottschalk, N, Schlüter, O and Knorr, D (2014). Impact of cold plasma on Citrobacter freundii in apple juice: inactivation kinetics and mechanisms. International Journal of Food Microbiology. 174, 63-71.

Waghmare, R (2021). Cold plasma technology for fruit based beverages: A review. *Trends in Food Science Technology*, 114, 60-69.