

اثر ازن بر انبارمانی و برخی خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای

صبا صادقی^۱، مصطفی کرمی^{۲*}، محمد سیاری^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته ی تکنولوژی پس از برداشت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۲- استادیار علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا

۳- دانشیار علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۰۲)

چکیده

عمر مفید میوه فلفل با از دست دادن کیفیت بصری و بافت و همچنین آلودگی به میکروارگانیسم‌ها بسیار کوتاه است. رایج ترین میکروارگانیسم های موثر در فساد فلفل، بوتریتیس، آلترناریا و پوسیدگی نرم قارچی و باکتریایی است. این مشکلات سبب کاهش صادرات و افزایش ضایعات در طی مراحل پس از برداشت و حمل و نقل می شود. در حال حاضر مجموعه ای از مواد شیمیایی برای حفظ طراوت و تازگی محصولات کشاورزی استفاده می شود که می تواند اثرات نامناسبی بر مصرف کننده داشته باشد. بنابراین در راستای کاهش ضایعات پس از برداشت فلفل دلمه ای، در پژوهش حاضر، اثر تیمار گازی ازن بر انبارمانی و برخی خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی طی مدت ۴۰ روز انبارمانی در سردخانه با دمای ۸ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میوه های فلفل دلمه ای تیمار شده با ازن در غلظت ۱ ppm نسبت به میوه های تیمار نشده و تیمار شده با ازن در غلظت ۵ ppm، درصد کاهش وزن، مواد جامد محلول و پوسیدگی ناشی از کپک و مخمر سطحی پایین تر و سفتی بافت بالاتری داشتند. در کل می توان نتیجه گرفت که تیمار مداوم ازن در غلظت ۱ پی پی ام سبب افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه فلفل دلمه ای می گردد.

کلید واژگان: کپک و مخمر، فلفل، کیفیت، پوسیدگی

* مسئول مکاتبات: mkarami@basu.ac.ir

۱- مقدمه

فلفل دلمه ای با نام علمی (*capsicum annum L.*) متعلق به خانواده *Solanacea* است از آمریکای جنوبی و مرکزی که در حدود ۷۰۰ سال قبل از میلاد اهلی شده بود منشا یافته است [۱]. فلفل یکی از پر طرفدارترین و مهمترین گیاهان زراعی جهان بوده و عطر، طعم و رنگ از مهمترین ویژگی‌های آن است، این محصول به طور گسترده‌ای در محصولات غذایی، به‌عنوان ادویه و در کاربردهای متنوع دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲].

این محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است، سرشار از ویتامین های ضروری به ویژه ویتامین های A و C که کالری کمی را نیز داراست (۳). ضایعات در محصولات کشاورزی در مراحل کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت رخ می دهد اما بیشترین میزان ضایعات مربوط به دو مرحله برداشت و پس از برداشت می باشد. در نتیجه، در مرحله پس از برداشت محصولات کشاورزی، ذخیره سازی مناسب و فرآوری که نیازمند تجهیزات و صنایع تبدیلی و تکمیلی است می تواند در کاهش ضایعات موثر باشد، تخمین زده می شود که سالیانه حدودا ۳۰-۲۰ درصد این محصول، در مراحل مختلف برداشت و فرآوری از بین می روند [۴]. از طرف دیگر بیشتر محصولات کشاورزی از جمله سبزی‌ها و میوه‌های تازه در معرض انواع آلودگی‌های میکروبی قرار دارند، بنابراین همواره نیازمند راهی برای کنترل و جلوگیری از گسترش این آلودگی‌ها می‌باشد. عمر انباری میوه فلفل دلمه‌ای به‌واسطه از دست دهی سریع آب در طول ذخیره‌سازی طولانی مدت [۵]، حساسیت به سرمازدگی [۶] و پوسیدگی که توسط دو کپک بوتریتیس (بوتریتیس در دمای توصیه شده جهت نگهداری فلفل می‌تواند رشد کند) و آلترناریا است و همچنین پوسیدگی نرم که منشأ آن قارچ و باکتری است، محدود می‌گردد [۷]. استفاده از یک روش کارآمد برای حذف میکروارگانیسمها که بر خصوصیات ارگانولوژیکی محصول تاثیر نداشته باشد امری لازم و ضروری است، این موضوع همواره برای محصولات حساس مانند سبزیجات سالادی که به راحتی توسط حرارت و سایر تیمارها آسیب می بینند مشکل ساز است. یکی از روش‌هایی که میکروارگانیسم‌ها را در این محصولات غیر فعال می کند شست و شو به صورت سنتی در محلول کلر است که راه حل مناسبی برای کاهش سطح میکروبی است [۸]. بر

اساس اصول تضمین ایمنی و کیفیت در صنعت مواد غذایی، این مواد ضدعفونی‌کننده کاربرد گسترده‌ای دارند، اگرچه مواد خاصی مانند کلر می‌توانند واکنش داده و به عنوان آلاینده‌های محیط زیست، ایمنی غذایی انسان را به خطر بیندازند [۹]. بنابراین با توجه به این معیارها، استفاده از گاز ازن در محصولات برای حذف میکروارگانیسم‌ها و کنترل آفات و مایکوتوکسین‌ها، سم‌زدایی از آفت‌کش‌ها و حفظ کیفیت مورد مطالعه بوده و حائز اهمیت می‌باشد [۱۰]. ازن به عنوان یک گاز جایگزین ایمن توسط هیات متخصصین غذا و دارو ایالت متحده در سال ۱۹۹۷ معرفی شده است [۱۱]. این تکنولوژی به دلیل اینکه بقایایی در محصول تحت تیمار باقی نمی گذارد و موجب حفظ خصوصیات کیفی در محصول می شود، از لحاظ تجاری بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. در واقع ازن یک عامل اکسید کننده قوی با بوی دلپذیر است که در غلظت های بسیار رقیق مورد استفاده قرار می گیرد و محصول تجزیه ای آن اکسیژن می باشد، این ماده به عنوان یک عامل گندزدا با توانایی اکسیداسیون بسیاری از بوها و گازهای غیر قابل تحمل، مورد مصرف قرار گرفته است [۱۳].

پاتلو و همکاران (۲۰۰۲) در مقاله ای بیان داشتند که اسید استیک موجود در حبه‌های فاسد انگور رومیزی مربوط به جمعیت میکروبی ایجادکننده پوسیدگی ترش است که با تیمار ازن در شرایط دمایی سرد می‌توان از این نوع پوسیدگی ترش جلوگیری کرده و عمر انباری را افزایش داد [۱۴]. گلوچ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند در فلفل تند قرمز، کاربرد ازن محتوای دی‌هیدروآسکوربیک اسید که نشانه استرس است را کاهش داده و از چروکیدگی در طی انبار جلوگیری کرده و باعث کاهش از دست دادن کیفیت در طی انبارداری می‌شود [۱۵]. وظیفه دوست و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند تیمار ازن در گوجه‌فرنگی با کند کردن سرعت هیدرولیز اسیدهای آلی، اسیدیته قابل تیتراسیون را حفظ کرده، بار میکروبی را کاهش داده و با کاهش تنفس باعث افزایش عمر انباری می‌شود [۱۶]. پرز و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که در توت‌فرنگی، در نتیجه ی استفاده از گاز ازن، تأخیر در نرم شدن و حفظ آنتی اکسیدان‌ها، به عنوان مثال آسکوربیک اسید و فوماریک اسید روی داده و عطر و طعم میوه‌ها حفظ می‌شود [۱۷]. زورتزاکیس و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از گاز ازن توسعه رنگ قرمز و همچنین پوسیدگی را در گوجه-

در خصوص محصولات مشابه فلفل دلمه ای انجام شده بود، در معرض ازن با غلظت ۱ و ۵ پی‌پی‌ام قرار گرفتند. تعداد میوه ها در هر واحد آزمایشی (در هر بسته) ۵ عدد بود تا نوسان ترکیبات و ویژگی‌های مربوط به میوه حذف شود. این نمونه ها در سردخانه با دمای ۸ درجه سانتی گراد نگهداری شدند تا در فواصل زمانی انبارمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز پس از شروع انبارمانی، خصوصیات کمی و کیفی آنها مورد بررسی قرار گیرد. تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

۲-۲- صفات مورد ارزیابی

کاهش وزن میوه ها به صورت اختلاف وزن میوه ها قبل از انبارمانی و پس از پایان انبارمانی برحسب درصد به وسیله ترازوی دیجیتال دنور با دقت ۰/۰۱ گرم با استفاده از فرمول زیر و بر اساس درصد بیان شد:

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

که در فرمول فوق الذکر:

$$W_1 = \text{وزن میوه قبل از دوره انبار}$$

$$W_2 = \text{وزن میوه بعد از انجام تیمار و دوره خروج از انبار}$$

میزان سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی سنج دستی مدل واگنر (مدل FDK-32، ایتالیا) با پرابی با قطر ۵ میلی متر در سه قسمت هر میوه (سه قسمت از گوشت میوه از بخش های ابتدایی، وسط و انتهایی) انجام شده و بر حسب کیلوگرم بر مترمربع بیان شد. مقدار مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل ATAGO-NI، ژاپن) در دمای اتاق و برحسب درجه بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری میزان کپک و مخمر سطحی از هر تکرار ۳ نمونه برداشت شده و از هر نمونه یک گرم آب گیری و با صافی سرولوژیکی استریل صاف شده، هر یک گرم در ۹ میلی لیتر سرم فیزیولوژیکی رقیق سازی انجام گرفته و روی محیط کشت YGC حاوی آگار کشت سطحی داده شد (میانگین هر سه کشت، به عنوان نتیجه ی یک تکرار ثبت شد تا اثر میوه های متفاوت در یک بسته، به حداقل برسد). دمای گرمخانه گذاری ۳۷-۳۰ درجه سانتی‌گراد که مناسب رشد قارچهاست به مدت ۴۸-۷۲ ساعت بود که بعد از ظاهر شدن کلنی ها بر روی پلیت، شمارش صورت گرفت [۲۱].

فرنگی به تأخیر انداخته و با کاهش بار میکروبی سطحی، عمر انباری را افزایش داد [۱۸]. علی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر تیمار ازن بر میوه پاپایا اظهار داشتند که ازن به تنهایی در غلظت ۵-۱/۵ میکرومول برمول، با کاهش فعالیت آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، نرم شدن میوه، همراه با رسیدن را به تأخیر انداخت [۱۹]. اسکاگ و چو (۲۰۰۱) در مقاله ای بیان داشتند که تیمار با گاز ازن در کلم بروکلی و خیار با کاهش معنی‌داری در شمار میکروارگانسیم‌ها، کیفیت و عمر انباری را در سردخانه بهبود بخشید [۱۳]. سلما و همکاران (۲۰۰۸) با هدف بررسی اثر ازن در طالبی برش خورده تازه^۱ بیان کردند که تیمار ازن در این میوه موجب کاهش کلی در شمار کلیفرم‌ها، سودوموناس و مخمر شده و موجب حفظ کیفیت بصری، عطر و سفتی بافت در طول ۷ روز انبارمانی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد شد [۲۰].

بنابراین به منظور کاهش ضایعات پس از برداشت فلفل دلمه‌ای و با توجه به قابلیت‌های گاز ازن در خصوص افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی، در این پژوهش اثر تیمار ازن طی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز انبارمانی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای در انبار مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه برداری و اعمال تیمارها

در این پژوهش میوه های فلفل دلمه‌ای سبز رنگ ماده رقم انزا در تیرماه سال ۱۳۹۷ از گلخانه ای واقع در روستای جامیشلو از توابع شهرستان رزن استان همدان در مرحله سبز و بلوغ فیزیولوژیکی که سطح میوه به رنگ یکدست درآمده بود تهیه و برداشت در ساعات اولیه صبح انجام گرفت تا از طراوت و تازگی محصول حفظ شود. پس از انتقال میوه ها به آزمایشگاه، فلفل های با اندازه و رنگ یکسان و بدون آسیب یا زدگی جدا شده، پس از شستشو با آب مقطر و خشک شدن، تا زمان اعمال تیمارها و به مدت چند ساعت در سردخانه نگهداری شدند. بلافاصله میوه های فلفل دلمه ای به صورت نمونه شاهد و تیمار با گاز ازن، به داخل بسته های پلی اتیلنی دارای منافذ منتقل شده، داخل یونولیت قرار گرفته و برای تیمار با گاز ازن (مدل آکوا لایف، چین)، با توجه به تحقیقات دیگری که

1. Fresh cut

۲-۳- تجزیه آماری داده ها

معنی داری وجود داشت، ولی این کاهش در میوه های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری کمتر بود. بین دو غلظت استفاده شده ازن، کمترین کاهش وزن مربوط به تیمار ازن ۱ پی پی ام بود و در روزهای دهم، بیستم، سی ام و چهلم کمترین میزان کاهش وزن در تیمار ازن ۱ پی پی ام مشاهده شد (جدول ۲).

همچنین، با افزایش زمان انبارمانی، میزان سفتی بطور معنی داری کاهش یافته و بیشترین کاهش مربوط به میوه های شاهد بود (جدول ۳). بین روزهای انبارمانی در نمونه های شاهد نیز اختلاف معنی داری مشاهده شد. میزان سفتی در دو تیمار ۱ و ۵ پی پی ام ازن از روز اول تا بیستم انبارمانی تفاوت معنی دار نداشت. همچنین برای تیمار ۱ پی پی ام میزان سفتی بین دو روز سی ام و چهلم انبارمانی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. بیشترین میزان سفتی در دو تیماری مشاهده شدند که با ازن تیمار شده بودند که در این بین، تیمار ۱ پی پی ام در طول زمان انبارمانی، سفتی بافت بیشتری را حفظ کرده بود.

تجزیه آماری داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه (۹/۲) و مقایسه میانگین داده ها به کمک آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. با توجه به اینکه درصد کاهش وزن و کپک و مخمر سطحی در آغاز دوره انباری صفر بود در تجزیه داده ها، این صفت با دیگر دوره های انباری مورد مقایسه قرار نگرفت و به صورت مجزا آنالیز آماری آن با ۴ سطح زمان انبارمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز انجام شد.

۳- نتایج و بحث

در جدول ۱، آنالیز واریانس اثر غلظت ازن و زمان نگهداری، بر ویژگی های کیفی و میکروبی نمونه ها ارائه شده است. همانطور که در جدول ۲ مشخص شده است، با افزایش زمان انبارمانی، کاهش وزن در تمامی میوه ها و غلظت های مختلف ازن مشهود بوده و بین زمان های مختلف انبارمانی، اختلاف

Table 1 Analysis of variance, the effect of ozone concentration and the storage life on different properties of belly pepper.

Yeast and moulds	TSS ^r	hardness	Weight loss	Degree of freedom	Changes sources
1154782.22**	0.35**	0.73**	97.98**	2	Ozone concentration
1472094.44**	1.59**	1.37**	693.28**	4	Storage time
106479.44**	0.05**	0.09*	12.38**	8	Treatment *storage time
3055.56	0.002	0.03	0.37	30	error
1061	0.97	6.24	5.33	-	CV (%)

* and ** indicate significant differences at level of $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

Table 2 The effect of ozone concentration and the storage life on the weight loss (%) of belly pepper.

Storage time (day)				Ozone (ppm)
40	30	20	10	
27.52 ^a	20.12 ^b	16.88 ^d	7.12 ^h	0
18.16 ^c	14.26 ^c	9.42 ^e	5.11 ⁱ	1
21.11 ^b	16.31 ^d	10.45 ^f	5.76 ⁱ	5

Similar letters in each row or column indicate no significant differences ($P > 0.05$).

Table 3 The effect of ozone concentration and the storage life on the hardness (Kg/m^2) of belly pepper.

Storage time (day)					Ozone (ppm)
40	30	20	10	0	
1.92 ^f	2.18 ^{ef}	2.53 ^d	3.02 ^{ab}	3.22 ^a	0
2.68 ^{cd}	2.88 ^{bc}	3.10 ^{ab}	3.19 ^a	3.23 ^a	1
2.22 ^e	2.60 ^{cd}	2.89 ^{bc}	3.09 ^{ab}	3.25 ^a	5

Similar letters in each row or column indicate no significant differences ($P > 0.05$).

های مختلف انبارمانی اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی بین روزهای صفر و دهم در هر دو غلظت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

با افزایش زمان نگهداری، میزان مواد جامد محلول افزایش یافت اما این افزایش در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد کمتر بود. بین غلظت‌های مختلف ازن، بیشترین تاثیر بر حفظ مواد جامد محلول مربوط به غلظت ۱ پی‌پی‌ام بود. بین زمان-

Table 4 The effect of ozone concentration and the storage life on the soluble solids ($^{\circ}$ Brix) of belly pepper.

Storage time (day)					Ozone (ppm)
40	30	20	10	0	
^a 6.59	^c 6.02	^d 5.66	^g 5.36	^h 5.20	0
^c 5.93	^d 5.61	^{ef} 5.39	^h 5.21	^h 5.20	1
^b 6.19	^d 5.69	^e 5.47	^{gh} 5.28	^h 5.20	5

Similar letters in each row or column indicate no significant differences ($P>0.05$).

انبارمانی نیز در نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کمترین میزان کپک و مخمر نسبت به نمونه‌های شاهد، در هر دو سطح ۱ و ۵ پی‌پی‌ام ازن مشاهده گردید که این دو سطح از ازن، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند اما در تیمار با ازن ۱ پی‌پی‌ام در طول زمان انبارمانی، میزان رشد کپک و مخمر کمتر بود.

همانطور که در شکل ۱ اشاره شده است، در خصوص میزان کپک و مخمر سطحی، با افزایش زمان انبارمانی مقدار آن افزایش یافته و بین زمان‌های مختلف انبارمانی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. با افزایش زمان انبارمانی، میزان کپک و مخمر به صورت معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین افزایش مربوط به نمونه‌های شاهد بدون ازن بود. در بین روزهای مختلف

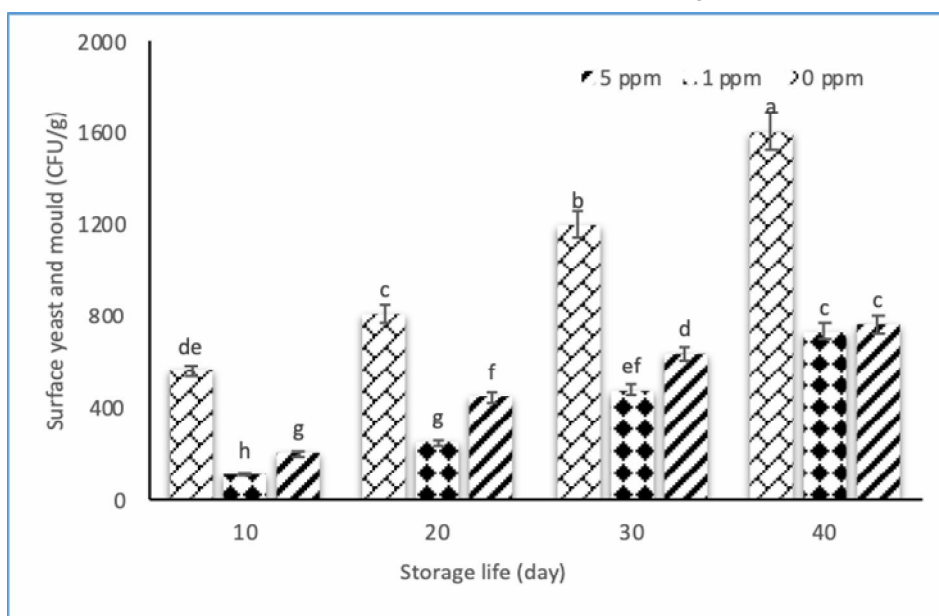


Fig 1 The mean of the effect of ozone concentration and storage life on the mold and yeast population of bell pepper (CFU/g).

Similar letters in each row or column indicate no significant differences ($P>0.05$).

اما در غلظت ۱ پی‌پی‌ام افزایش کمتری را نسبت به شاهد و تیمار با گاز ازن ۵ پی‌پی‌ام داشت. همچنین، کاربرد ازن باعث کاهش از دست دهی وزن در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد شد، از طرفی، غلظت ۱ پی‌پی‌ام نسبت به غلظت ۵ پی‌پی‌ام اثر بهتری داشت که نشان می‌دهد اثر ازن در غلظت‌های بالاتر بر میزان کاهش وزن کمتر است. دلیل کاهش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمار با گاز ازن با غلظت ۱ پی‌پی‌ام برای کاهش پوسیدگی ناشی از کپک و مخمر موثرتر بود و در میوه‌های تیمار شده با گاز ازن در غلظت ۱ پی‌پی‌ام نسبت به شاهد و تیمار با گاز ازن در غلظت ۵ پی‌پی‌ام، درصد کاهش وزن کمتر و سفتی بالاتری را نشان دادند. این در حالی بود که میزان مواد جامد محلول در همه نمونه‌ها افزایش یافت

طریق کاهش در فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز، انحلال پکتین و دپلمریزه شدن، منجر به کاهش سفتی طی دوره نگهداری می‌شود. طبق نتایج این تحقیق، اثر غلظت ازن ۱ پی-پی‌ام بر حفظ سفتی بافت میوه مؤثرتر از غلظت ۵ پی‌پی‌ام بود. همچنین، از دست دادن انسجام سلول‌ها در اثر پتانسیل بالای اکسیداسیون توسط ازن در غلظت بالا، منجر به کاهش ترکیبات آلی و کاهش باندهای قدرتمند می‌شود. کاهش انرژی لازم برای واردکردن نیرو به سطح نیز در اثر اکسیداسیون اتصالات عرضی در پکتین دیواره سلولی با پروتئین‌های ساختاری اتفاق می‌افتد. همچنین می‌توان گفت غلظت پایین ازن، آنزیم پلی‌گالاکتوروناز که مسئول نرم شدن است را غیرفعال می‌کند [۲۹]. به این ترتیب، برآیند این دو مکانیسم، تعیین کننده ی میزان سفتی میوه خواهد بود.

ازن می‌تواند در تحریک تولید فیتوالکسین‌ها در درون گیاه موثر باشد و موجب افزایش مقاومت گیاه به پوسیدگی‌های پس از برداشت گردد، به این ترتیب نقش آنتی‌اکسیدانی بالایی ایفا می‌کند. از طرفی بر روی سطح میوه، فعالیت ضد میکروبی ازن به دلیل خاصیت اکسیدکنندگی قوی مولکول ازن یا موادی است که از تجزیه آن حاصل می‌شوند، که این مواد سریعاً با دیواره سلولی باکتری‌ها، پوشش اسپورهای قارچی یا کپسید ویروس‌ها وارد واکنش شده و موجب فساد تدریجی آنها گردیده و سلول را تخریب می‌کنند [۳۰]. ازن میکروارگانسیم‌ها را از طریق اکسیداسیون پیشرفته اجزای سلولی حیاتی از بین می‌برد. سطح سلول‌های باکتریایی به عنوان هدف اولیه ازن‌زنی است که باعث اکسیداسیون پروتئین‌های سلول‌های داخلی شده و موجب مرگ سریع سلول‌های میکروارگانسیم‌ها می‌شود [۳۱] که این امر می‌تواند دلیلی بر حفظ بهتر خصوصیات حسی در تیمار ازن ۵ پی‌پی‌ام و کاهش رشد کپک و مخمرها در این تیمار باشد. همچنین نشان داده شده است که ازن زنی سبب کاهش میزان باکتری‌های سرماگرا می‌شود که در دمای یخچال نیز فعال بوده و سبب از بین رفتن تازگی و رنگ محصولات گیاهی می‌شوند [۳۲].

۴- منابع

- [1] Bosland, P. W. and Votova, E. J. (2000). Pepper: vegetable and spice capsicums. CABI Publishing, Wallingford, UK.

کمتر افت وزن در غلظت ۵ پی‌پی‌ام به علت افزایش آسیب به غشا و در نتیجه کاهش اتصالات غشای سلولی در غلظت بالای گاز ازن می‌باشد [۲۲]. همچنین علت کاهش وزن بالا در نمونه شاهد می‌تواند به دلیل اشباعیت قارچ‌ها روی سطح میوه باشد که با اثر تخریبی روی قسمت سطحی میوه، متابولیسم سلولی را افزایش داده و افزایش افت وزن نسبت به نمونه‌های تیمار شده با ازن را موجب می‌گردند، که این امر می‌تواند به علت خاصیت ازن در جلوگیری از پوسیدگی میوه باشد [۲۲]. گاز ازن از تبدیل اسیدهای آلی به سایر مواد از جمله قندها جلوگیری کرده و در نمونه‌های تیمار نشده، یعنی شاهد، بخاطر نرخ بالای تنفس، تبدیل نشاسته به قند صورت گرفته است و به همین دلیل در نمونه‌های شاهد میزان مواد جامد محلول بیشترین افزایش را نشان داد. همچنین ضخامت کوتیکول باعث می‌شود که محصول حساسیت کمتری به آسیب داشته باشد و مکانیسم عمل ازن موجب می‌شود که از این امر جلوگیری شود [۱۹]. که ممکن است این اثر را از طریق گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن (ROS) [۲۳] در فعالیت لیبوکسیژناز (LOX) در کاهش آسیب به غشا و ترک خوردگی سطح پوست و کاهش از دست دهی آب موجب گردد [۲۴]. قرار گرفتن در معرض ازن منجر به افزایش ROS می‌شود که پس از آن سلول‌های گیاهی، آسیب ناشی از ROS را با استفاده از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و متابولیت‌ها برای تبدیل ROS به ترکیبات سمی کمتر، به عنوان مثال آب، جبران می‌کنند [۲۵] که با کاهش از دست دهی آب در تیمار ازن نیز مرتبط است.

دلیل دیگر برای کاهش وزن، اختلاف فشار بخار آب میان نمونه‌ها با محیط در برگیرنده آنها می‌باشد که موجب خروج آب میان بافتی به فضای اطراف نمونه می‌شود. حفظ بهتر سفتی بافت توسط تیمارها می‌تواند به دلیل اثر بر کاهش افت وزن و حفظ بهتر تورژسانس سلولی باشد [۲۶]. تیمارهایی که کاهش وزن بیشتری داشتند از مواد جامد محلول بیشتری نیز برخوردار بودند که این امر می‌تواند به دلیل کاهش آب میوه و تغلیظ این مواد در طی زمان انبارمانی میوه‌ها باشد [۲۷] که در واقع از بین رفتن بافت، ناشی از کاهش سطح آب است [۲۸]. به نظر می‌رسد ازن با حفظ آب و ترکیبات موجود در بافت و دیواره سلولی میوه، به واسطه کاهش میزان پوسیدگی و تنفس، موجب حفظ بیشتر سفتی بافت میوه می‌شود و همچنین از

- Reviews in Food Science and Nutrition, 54, 312-339.
- [13] Skog, L., and Chu, C. L. (2001). Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Canadian Journal of Plant Science*, 81, 773-778.
- [14] Palou, L., Crisosto, C. H., Smilanick, J. L., Adaskaveg, J. E., and Zoffoli, J. P. (2002). Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest biology and technology*, 24(1), 39-48.
- [15] Glowacz, M., Colgan, R., and Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 1-8.
- [16] Vazife Dost, M., Hosseini, S. E., Bakhtiyari, S., and Jafar Nejad, A. (2015). The Effect of Postharvest Treatments on the Quality of Early Urbana Y Variety Tomato. *Food Technology and Nutrition*, 12 (1), 71-80.
- [17] Perez, A.G., Sanz, C., Rios, J. J., Olias, R., and Olias, J. M. (1999). Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1652-1656.
- [18] Tzortzakis, N., Borland, A., Singleton, I., and Barnes, J. (2007). Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 45(3), 317-325.
- [19] Ali, A., Ong, M. K., and Forney, C. F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, 142, 19-26.
- [20] Selma, M. V., Ibáñez, A. M., Cantwell, M., and Suslow, T. (2008). Reduction by gaseous ozone of *Salmonella* and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. *Food microbiology*, 25(4), 558-655.
- [21] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (2008). *Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95*. ISIRI 10899-1, 1st edition.
- [22] Kechinski, C. P., Montero, C. R. S., Guimarães, P. V. R., Noreña, C. P. Z., [2] Kumar, S., Kumar, R., and Singh, J. (2006). Cayenne/American Pepper (*Capsicum Species*). In: *Handbook of Herbs and Spices*, Peter, K.V., (Ed). Woodhead Publishing. Cambridge, UK., pp: 299-312.
- [3] Howard, L. R., Smith, R. T., Wangner, A. B., Villalion, B., and Burns, E. E. (1994). Pro-vitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annum*) and processed jalapenos. *Journal of Food Science*, 59, 362-365.
- [4] Asadi, A., Akabari, M., Mohammadi, Y., and Hossainia, G. H. (2010). Agricultural Wheat Waste management in Iran. *Australian Journal of basic and Applied Sciences*, 4(3):421-428.
- [5] Perez, K. L., Lucia, L. M., Cisneros-Zevallos, L., Castillo, A., Taylor, T. M. (2012). Efficacy of antimicrobials for the disinfection of pathogen contaminated green bell pepper and of consumer cleaning methods for the decontamination of knives. *International Journal of Food Microbiology*, 156, 76-82.
- [6] Paull, R. E. (1990). Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *Chilling Injury of Horticultural Crops*, 17-36.
- [7] Wang, C. Y. and Qi, L. (1997). Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 195-200.
- [8] Xu, L. (1999). Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53, 58-61.
- [9] Charisiadis, P., Andra, S. S., Makris, K. C., Christodoulou, M., Christophi, C. A., Kargaki, S., et al. (2014). Household cleaning activities as non-ingestion exposure determinants of urinary trihalomethanes. *Environmental Science and Technology*, 48, 770-780.
- [10] Sousa, A. H., Faroni, L. R. A., Pimentel, M. A. G., Silva, G. N., and Guedes, R. N. C. (2016). Ozone toxicity to *Sitophilus zeamais* (*Coleoptera: Curculionidae*) populations under selection pressure from ozone. *Journal of Stored Products Research*, 65, 1-5.
- [11] Graham, D. M., Pariza, M., Glaze, W. H., Newell, G. W., Erdman, J. W., and Borzelleca, J. F. (1997). Use of ozone for food processing. *Food Technol.* 51, 72-75.
- [12] Horvitz, S., and Cantalejo, M. J. (2014). Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical*

- Ozone for control of postharvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 48, 403-415.
- [29] Mostofi, Y., Dehestani Ardakani, M. & Razavi, S. H., (2011), The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative characteristics of table grape "Shahroodi", *Iranian Journal of Sci. and Technol.*, 8: 93-102.
- [30] Rodoni, L., Casadei, N., Concello, A., Chaves Alicia, A. R., and Vicente, A. R. (2010). Effect of short-term ozone treatments on Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit quality and cell wall degradation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(1), 594-599.
- [31] Komanapalli, I. R., Lau, B. H. S. (1996). Ozone-induced Damage of *Escherichia coli K-12*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 46, 610-614.
- [32] Hantsis, Z.E. and Halpern, M. (2007). Culturable psychotropic bacterial communities in raw milk and their proteolytic and lipolytic traits. *Applied Environment Microbiology*, 73, 7162-7168.
- Marczak, L. D. F., Tessaro, I. C., and Bender, R. J. (2012). Effects of ozonized water and heat treatment on the papaya fruit epidermis. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 118-122.
- [23] Kangasjarvi, J., Jaspers, P., and Kollist, H. (2005). Signaling and cell death in ozone exposed plants. *Plant Cell and Environment*, 28, 1021-1036.
- [24] Lara, I., Belge, B., and Goulao, L. F. (2014). The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology*, 87, 103-112.
- [25] Horvitz, S., and Cantalejo, M. J. (2012). Effects of ozone and chlorine postharvest treatments on quality of fresh-cut red bell peppers. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1935-1943.
- [26] Rao, T. V. R., Gol N. B. and Shah, K. K., (2011), Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annuum L.*), *Journal of Scientia Hort*, 132:18-26.
- [27] Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7, 405-410.
- [28] Sarig, P., Zahavi, T., Zutkhi, Y., Yannai, S., Lisker, N., and Ben-Arie, R. (1996).

The Effect of Ozone on the Shelf Life and Some Quality Properties of Belly Pepper

Sadeghi, S.¹, Karami, M.^{2*}, Sayyari, M.³

1. M.Sc. Student of Postharvest Technology, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Assistant professor, Faculty of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Associated professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received: 2019/05/21 Accepted:2019/08/24)

The useful shelf life of belly pepper fruit is very short by the loss of visual and tissue quality as well as contamination with microorganisms. The most common microorganisms are effective in the spoilage of pepper are Botrytis, Alternaria and soft fungi and bacterial rotteness. These problems reduce exports and increase waste during post-harvest and transportation phases. At present, a set of chemicals is used to maintain the freshness and quality of crops that can have adverse effects on the consumer. Therefore, in order to reduce post-harvest lesions of belly pepper, in the present study, the effect of ozone gas treatment on storage and some quantitative and qualitative characteristics of pepper as a factorial experiment and in a completely randomized design during 40 days of storage in a warehouse with a temperature of 8 degrees Celsius was studied. The results showed that ozone treated pepper fruits at a concentration of 1 ppm compared to untreated and treated fruits at a concentration of 5 ppm, had lower weight loss, soluble solids and surface mold-yeast rot and higher hardness. In general, it can be concluded that continuous ozone treatment at 1ppm concentration increases shelf life and preserves the quality of sweet pepper fruits.

Keywords: Mould, Pepper, Quality, Rot, yeast

*Corresponding Author E-Mail Address: mkarami@basu.ac.ir