

اثر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر داده شده (MAP) و برهموم (پروپولیس) بر برخی خصوصیات اسفناج رقم "ورامین ۸۸" در طی نگهداری

آنیته رامی^۱، حسین شیخ لوئی^{۲*}، علیرضا یوسفی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، مراغه، ایران

۲- استادیار گروه شیمی و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، مراغه، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی دانشگاه بناب، بناب، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر داده شده و استفاده از ماده برهموم بر کیفیت پس از برداشت سبزی برگی اسفناج رقم "ورامین ۸۸"، آزمایشی در قالب فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ عامل زمان (۵ سطح)، MAP (۳ سطح) و برهموم (۳ سطح) طراحی و اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه‌ی صفات به استثنای رنگ و کلروفیل b تحت اثر اصلی زمان دچار تغییرات معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ شدند. مقدار اسید آسکوربیک قبل از انبار ۲۷۵/۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود، و پس از یک هفته این مقدار به ۱۷۱/۱ میلی‌گرم و بعد از ۱۴ روز به ۱۴۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم اسفناج تازه، رسید. تیمار اصلی برهموم بر صفاتی از جمله رنگ، مواد جامد محلول، pH، اسید، اسید آسکوربیک، درصد کاهش وزن و درصد آلودگی ظاهری تأثیر معنی‌داری در هر دو سطح آماری مورد مطالعه نشان داد. درصد آلودگی در اثر استفاده از برهموم بشدت کاهش پیدا کرد. شاخص‌های رنگ، کیفیت ظاهری، اسید آسکوربیک، درصد کاهش وزن و درصد آلودگی ظاهری نیز صفاتی بودند که تحت اثر اصلی بسته‌بندی با اتمسفر تغییر داده شده (MAP) دچار تغییرات معنی‌داری شدند. بر اساس نتایج بدست آمده بهترین ترکیب تیماری برای ماندگاری بیشتر اسفناج رقم "ورامین ۸۸" استفاده از ۱۰٪ برهموم و اتمسفر O₂ ۵٪ و CO₂ ۱۵٪ بود.

کلید واژگان: اسفناج رقم "ورامین ۸۸"، برهموم، درصد آلودگی، ویتامین ث، MAP

* مسئول مکاتبات: h.sheikhloie@iau-maragheh.ac.ir

۱- مقدمه

اسفناج از مهمترین سبزی‌های برگ‌ری، بومی ایران و از اعضای تیره‌ی کنوپودیاسه است که بالغ بر ۱۳۰۰ سال است که کشت می‌شود. اسفناج به دلیل داشتن مقادیر بالایی از ویتامین‌ها (بویژه ویتامین‌های گروه B)، ارزش غذایی بالا (داشتن املاح معدنی کلسیم، پتاسیم، آهن، فسفر، منیزیم، ید و ...) و خواص دارویی به عنوان یکی از ارزشمندترین سبزی‌ها مطرح شده است [۱]. به علت سطح زیاد برگ‌های اسفناج و زیاد بودن تبخیر آب، در صورت عدم وجود پوشش مناسب و مجاورت با سایر محصولات باغی، به سرعت پلاسیده، زرد و پیر شده، قارچ‌ها و باکتری‌های هوای رشد کرده و در اثر فعالیت آنها بافت، عطر، طعم و ترکیبات مختلف محصولات دچار تغییر می‌شوند و در نهایت کیفیت و بازارپسندی خود را از دست می‌دهند [۲ و ۳]. لذا افزایش ماندگاری این گیاه، افزایش زمان در دسترس بودن آن در طول سال، کاهش هزینه‌های تولید و کاهش ضایعات پس از برداشت آن، می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم سلامت و بهداشت محصول اثرگذار باشد. بنابراین ایمنی و کیفیت پس از برداشت آنها در طول دهه گذشته از اولویت اول برخوردار بوده است که راهکارهای متفاوتی جهت رسیدن به این اهداف مد نظر قرار گرفته است [۴].

مواد نگهدارنده، مواد شیمیایی طبیعی یا مصنوعی هستند که آنها را به مواد غذایی، رنگ، نمونه‌های زیست محیطی، مواد دارویی و غیره اضافه می‌کنند تا این مواد را از فساد ناشی از رشد میکروب‌ها و یا فساد ناشی از تغییرات شیمیایی محافظت نمایند. مواد نگهدارنده غذاها، یا به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا همراه با دیگر روش‌های نگهداری طولانی مدت از مواد غذایی بکار می‌روند [۵]. یکی از نگهدارنده‌های طبیعی مناسب برای مواد غذایی بعنوان ضد میکروب، بره‌موم است. بره‌موم یک ماده تیره رنگ چسبنده است که زنبورهای عسل آن را از گیاهان زنده جمع‌آوری می‌کنند و با موم مخلوط کرده و در ساختمان لانه-هایشان (کندو) و برای سازگاری با شرایط محیطی استفاده می‌کنند. بره‌موم امروزه به عنوان طب جایگزین برای بهبود سلامتی و

پیشگیری از بیماری‌ها در سراسر جهان، از جمله ایالات متحده، اروپا و ژاپن با توجه به ویژگی‌های دارویی چندمنظوره خود از جمله ضدباکتریایی، ضداکسیداسیونی و ضدالتهابی بودن، محبوبیت پیدا کرده است. بیش از ۳۰۰ ترکیب مختلف نظیر پلی‌فنل‌ها، آلدئید فنلیک، مونوترپن‌ها، آمینواسیدها، استروئیدها و ترکیبات غیر آلی دیگر در ساختار بره‌موم یافت شده‌اند. اخیراً، تحقیقات متعددی نشان داده است که بره‌موم می‌تواند عمر پس از برداشت لوبیا، انگور، گیلاس، و میوه‌های تیره مرکبات را گسترش دهد [۶ و ۷]. با وجود این، برای کاربرد تجاری آن روی محصولات کشاورزی نیاز به شواهد و شناخت مکانیسم آن است که آن نیز مستلزم آزمایش‌های بیشتر روی محصولات مختلف است. در مطالعه‌ای به مدت دو سال پی‌درپی (۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) به بررسی اثر بره‌موم در غلظت‌های ۲ و ۳٪ و تیمار موم به عنوان پوشش‌های خوراکی روی برخی از پارامترهای کیفی میوه پرتقال رقم "واشنگتن" تحت انبار سرد در ۵ درجه سانتی-گراد پرداخته شد. پایین‌ترین میزان کاهش وزن، میزان پوسیدگی و مقدار تنفس و بالاترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث در تیمار موم در ترکیب با ۳٪ بره‌موم بدست آمد [۸].

با استفاده از دانش اتمسفر تغییر یافته و با غلظت‌های خاص دی-اکسیدکربن و اکسیژن، می‌توان از میزان تنفس و رسیدن میوه و سبزی‌های تازه جلوگیری کرد. به این ترتیب با طراحی سیستم بسته‌بندی، نگهداری طولانی مدت فراورده‌های کشاورزی، امکانپذیر خواهد شد. از مزایای این فناوری برای میوه و سبزی می‌توان به کاهش میزان تنفس، تولید اتیلن، سرعت رسیدن و پیری، فساد و ضایعات، تجزیه ترکیبات مغذی و همچنین حفظ تمامیت غشا و دیواره سلولی و ایجاد سد طبیعی در برابر تهاجم میکروبی و از همه مهم‌تر افزایش ماندگاری محصول با حفظ شاخص‌های کیفی آن اشاره کرد [۹]. اثرات مثبت MAP برای برخی دیگر از محصولات کشاورزی مثل سیب گلاب کهنز و شفیق آبادی [۱۰] و انار کامل [۱۱] نشان داده شده است. لیو و لی (۲۰۰۶) توانستند در شرایط MAP پیاز برش خورده را به بهترین نحو نگهداری کنند [۱۲]. در مطالعه‌ای، اثرات بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) و بره‌موم بر کنترل کیفیت انگور رقم رازکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طول انبار در صفر درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰٪، هر دو تیمار

MAP و بره‌موم و ترکیب آنها، به طور قابل توجهی از کاهش وزن حبه‌های انگور جلوگیری کردند. مواد جامد محلول افزایش یافت، در حالی که مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون کاهش یافت و در نتیجه شاخص بلوغ افزایش نشان داد. به طور کلی تیمارهای MAP و بره‌موم و ترکیب آنها به طور معنی‌داری سبب ماندگاری کیفیت حبه‌های انگور از طریق به تأخیر انداختن کاهش کیفیت و جلوگیری از شیوع پوسیدگی‌های پس از برداشت شدند [۱۳].

با توجه به اهمیت سبزی اسفناج، عمر پس از برداشت کم آن و اهمیت کنترل آلودگی‌ها و ضایعات پس از برداشت این گیاه، این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سطوح مختلف ترکیب گازی بسته‌بندی و مقادیر مختلف بره‌موم به عنوان یک ماده ضد میکروبی و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا بر ماندگاری پس از برداشت اسفناج رقم "ورامین ۸۸" انجام پذیرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد آزمایشی

نمونه‌های اسفناج رقم "ورامین ۸۸" از ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه تهران در شهر کرج تهیه گردید. برگ‌های اسفناج قبل از گلدهی و زمانی که توسعه یافتند، برداشت شدند و تا زمان بسته‌بندی (حدود ۱۲ ساعت) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. جنس بسته‌بندی استفاده شده در این آزمایش از نوع پلی‌اتیلن بود. قسمت خوراکی اسفناج‌های مورد مطالعه بعد از بسته‌بندی با پلی‌اتیلن با چگالی کم و اعمال تیمارهای مورد نظر در سردخانه در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

۲-۲- طراحی آزمایش

به منظور بررسی تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و استفاده از ماده بره‌موم بر کیفیت پس از برداشت سبزی‌برگی اسفناج (*Spinacia oleraceae* cv. Varamin 88)، ترکیب‌گازی در ۳ سطح (۱) ترکیب هوا، (۲) $10\% \text{O}_2 + 5\% \text{CO}_2 + 3\% \text{O}_2$ و (۳) $5\% \text{O}_2 + 10\% \text{CO}_2$ و بره‌موم نیز در ۳ سطح صفر، ۵٪ و ۱۰٪ و زمان‌های نگهداری شامل ۵، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز (در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد سردخانه) در نظر گرفته شد. در تمامی تیمارها درصد N_2 ثابت و برابر ۸۰٪ بود. از دستگاه MAP

Henkelman 200a ساخت کشور آلمان جهت بسته‌بندی اسفناج استفاده شد. برگ‌ها از ۱ سانتی‌متری ساقه بریده شدند. اندازه بسته‌ها 20×30 سانتی‌متر با ضخامت 5 ± 0.5 میکرون بود. در نمونه شاهد برگ اسفناج درون بسته پلی‌اتیلن و بدون هیچ تیمار دیگری اعم از بره‌موم و یا MAP قرار گرفت. پژوهش در قالب آزمون فاکتوریل با ۳ عامل (زمان، بره‌موم و MAP) با طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام گرفت.

۲-۳- تهیه و استفاده از بره‌موم

برای تهیه غلظت‌های موردنظر از بره‌موم، ابتدا از آن عصاره الکلی (متانولی) تهیه گردید. برای این کار بره‌موم به نسبت ۱ به ۱۰ با متانول ۸۰٪ مخلوط شد و به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه روی شیکر (تکان دهنده) قرار داده شد، سپس عصاره حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر گردید. پس از خشک شدن عصاره، پودر عصاره بدست آمد که با متانول ۸۰ درصد به نسبت ۱ به ۱۰ (۱ گرم عصاره در ۱۰ میلی-لیتر متانول) حل شده و به عنوان محلول پایه استفاده شد. برای تهیه ۵ و ۱۰ درصد بره‌موم، مقدار موردنظر از عصاره به حجم ۱۰۰ رسانده شد. برای به کار بردن بره‌موم مقادیر ذکر شده بصورت اسپری (محلول‌پاشی)، روی سطح داخلی پلی‌اتیلن استفاده شدند.

۲-۴- صفات مورد ارزیابی

۲-۴-۱- رنگ

رنگ ظاهری با استفاده از رنگ‌سنج^۱ مینولتا مدل سی.آر.۳۴۰۰ بررسی گردید. قبل از تیمار ۵ نمونه بصورت تصادفی انتخاب و شاخص‌های رنگ اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که سطح مورد نظر در مقابل لنز دستگاه قرار گرفته و از هر نمونه در سه نقطه اندازه‌گیری به عمل آمد. فاکتورهای درخشندگی (L^*)، رنگ a^* (قرمز- سبز) و b^* (زرد - آبی) اندازه‌گیری شدند. مقدار L^* بیان‌کننده‌ی میزان روشنی و تیرگی است (=۰ سیاه، =۱۰۰ سفید).

2. Chromameter
3. Minolta CR-400

با قراردادن مقادیر فوق در فرمول (۱) شاخص کروما (C) محاسبه گردید [۱۴].

$$C = (a \cdot 2 + b \cdot 2)^{1/2} \quad (1)$$

۲-۴-۲- اسید قابل تیتراسیون، pH و مواد

جامد محلول

۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ی میوه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به آرامی به آن سود ۰/۱ نرمال اضافه گردید. این کار تا جایی که pH محلول به ۸/۱ رسید، ادامه پیدا کرد و در نهایت حجم سود مصرفی یادداشت گردید. با استفاده از فرمول (۲) مقدار اسید در عصاره‌ی میوه محاسبه شد. اسید غالب میوه پرتقال اسید سیتریک می‌باشد و اکی والان آن برابر ۰/۰۶۴ می‌باشد.

$$TA (\%) = V.N.E/C \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه، TA = مقدار اسید در عصاره‌ی میوه (%، V = مقدار سود مصرف شده (میلی‌لیتر)، N = نرمال‌تیه سود (۰/۱)، E = اکی‌والان اسید مورد نظر و C = مقدار عصاره میوه (میلی‌لیتر) است.

اندازه‌گیری pH با استفاده از دستگاه pH متر و مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر انجام شد. نسبت قند بدست آمده بصورت بریکس بر حسب درصد بیان گردید (گرم قند موجود در ۱۰۰ گرم عصاره).

۲-۴-۳- ویتامین ث^۵

اندازه‌گیری ویتامین ث با استفاده از روش یدیدور پتاسیم انجام شد. بدین ترتیب که پنج میلی‌لیتر از عصاره‌ی برگ داخل ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و به آن ۲ میلی‌لیتر نشاسته‌ی سرد شده اضافه شد. یدیدور پتاسیم داخل بورت ریخته شد و محلول بالا با آن تیتر گردید. در نهایت حجم یدیدور مصرف شده یادداشت و با استفاده از معادله (۳) مقدار ویتامین ث بصورت میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره نمونه بدست آمد.

$$C = 0.88 \times V/5 \times 100$$

که در اینجا C = میزان ویتامین ث بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره‌ی نمونه، و V = حجم مورد استفاده از یدیدور پتاسیم بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد.

۲-۴-۴- اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b

برای استخراج و اندازه‌گیری کلروفیل، ۲/۵ گرم از بافت برگ وزن و در هاون چینی قرار داده شد. پس از افزودن مقداری استون ۸۰٪، برگ کاملاً ساییده شده و حجم آن با استون ۸۰٪ به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول فوقانی برای اندازه‌گیری کلروفیل استفاده شد. از دستگاه طیف نور سنج^۶ مدل پرکین المر (لامبدا-ای-زد ۲۰۱) استفاده شد و به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b قرائت گردید [۱۵]. برای محاسبه‌ی میزان کلروفیل a و b از معادله‌های (۴) و (۵) زیر استفاده گردید (بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر نمونه):

$$A = \text{عدد جذب}$$

$$a \text{ کلروفیل} = (25.38 \times A_{662} + 3.64 \times A_{645})$$

$$b \text{ کلروفیل} = (30.38 \times A_{645} + 6.58 \times A_{662})$$

۲-۴-۵- درصد کاهش وزن و کیفیت ظاهری

در اثر از دست دادن آب برگ‌های گیاه چروکیده شده و کیفیت ظاهری آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد. در اثر از دست دادن آب چروکیدگی بوجود می‌آید و با نمونه‌برداری از انبار می‌توان میزان چروکیدگی را محاسبه کرد. برای این منظور از جدول ۱ استفاده گردید.

جدول ۱ رتبه بندی میزان چروکیدگی

گروه	رتبه ی چروکیدگی	خصوصیات
۱	۰	هیچ نوع چروکیدگی وجود ندارد
۲	۱	چروکیدگی خفیف وجود دارد
۳	۲	چروکیدگی متوسط وجود دارد
۴	۳	چروکیدگی شدید وجود دارد

(۳)

4. Chroma
5. Acid ascorbic

6. Spectrophotometry
7. Perkin Elmer Lambda E-Z 201

میزان درصد آلودگی از طریق معادله ی ۶ محاسبه گردید:
 $100 \times \text{وزن اولیه نمونه} / (\text{وزن نمونه‌های آلوده} - \text{وزن اولیه نمونه}) = \text{درصد آلودگی}$

۲-۵- تحلیل آماری داده‌ها

آزمایشات در قالب آزمون فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ عامل زمان (۵ سطح)، MAP (۳ سطح) و بره‌موم (۳ سطح) طراحی و اجرا گردید. مرتب‌سازی داده‌ها و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel ۲۰۰۷ انجام شد و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده بوسیله‌ی نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح آماری ۰/۰۵ انجام گرفت.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- ویتامین ث

مقدار ویتامین ث (اسید آسکوربیک) در طول انبار با کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ همراه بود (جدول ۲). مقدار اسید آسکوربیک قبل از انبار ۲۷۵/۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود که در دامنه‌ی مشاهدات اولین و همکاران (۲۰۰۳) و گلوکز و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد [۱۶ و ۱۷]. این میزان نسبت به سبزی‌های دیگر از قبیل نخودفرنگی (۳۶-۳۱ میلی‌گرم)، لوبیا سبز (۱۰-۲۵ میلی‌گرم)، هویج (۴ میلی‌گرم)، جعفری (۲۲-۳۱ میلی‌گرم) و گوجه‌فرنگی (۱۴ میلی‌گرم) [۱۸ و ۱۹] بالاتر می‌باشد و نشان می‌دهد که اسفناج یک منبع غنی از ویتامین ث می‌باشد و به عنوان یک سبزی مهم در رژیم غذایی انسان می‌تواند جای بگیرد [۱۵]. پس از یک هفته میزان ویتامین ث به ۱۷۱/۱ میلی‌گرم و بعد از ۱۴ روز به ۱۴۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم اسفناج تازه رسید. عامل بره‌موم و MAP نیز تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسید آسکوربیک نشان دادند (جدول ۳ و ۴). اثرات متقابل بره‌موم در زمان، زمان در MAP، زمان در MAP در بره‌موم، بر میزان اسید آسکوربیک معنی‌دار بود (جدول ۹). اسید آسکوربیک به اکسیداسیون شیمیایی و آنزیمی در مدت فراوری، پختن و انبارداری حساس است و این عوامل باعث کاهش مقدار آن در طول انبار می‌شود [۱۸]. در مطالعه‌ای که توسط آجای و همکاران

(۱۹۸۰) بر روی شش سبزی برگ‌ی انجام گردیده کاهش ۵۲-۸۱ درصدی اسید آسکوربیک را در طول انبار نشان داده است [۲۰]. در مطالعه‌ای گلوکز و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده نمودند در طی ۱۰ روز انبارداری اسفناج، میزان آسکوربیک اسید ۱۲٪ کاهش می‌یابد [۱۷]. اولین و همکاران (۲۰۰۳) میزان آسکوربیک اسید را در اسفناج تازه ۱۶۱/۹۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه گزارش کردند که این میزان در طی ۹ روز انبارداری، ۱۹٪ کاهش یافت [۱۶]. جیمز و همکاران (۱۹۹۴) سطوح متوسط گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن (۱۰٪ O₂ و ۱۰٪ CO₂) را مناسب‌ترین سطح برای حفظ آسکوربیک اسید اعلام کردند [۲۱]. زاگوری و کیدر (۲۰۱۰) عوامل موثر بر تغییرات آسکوربیک اسید را دما، یون‌های فلزی، اکسیژن هوا و شرایط قلیایی دانستند [۲۲]. استفاده از MAP که در آن غلظت اکسیژن پایین آورده شد سبب کاهش در تجزیه آسکوربیک اسید شد که این موضوع می‌تواند در اثر کاهش تنفس و در نتیجه کاهش مصرف اسیدهای آلی که یکی از مهم‌ترین آنها اسید آسکوربیک است، باشد. البته این نکته را هم باید در نظر داشت که غلظت بالای دی‌اکسیدکربن می‌تواند عامل تجزیه و کاهش بیشتر اسید آسکوربیک باشد چرا که ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) اعتقاد دارد که موثرترین عاملی که موجب ناپایداری آسکوربیک اسید می‌گردد شرایط قلیایی است [۲۳].

تأثیر CO₂ بر میزان آسکوربیک اسید احتمالاً به دلیل تغییری است که در افزایش pH می‌دهد. از آنجایی که آسکوربیک اسید در شرایط قلیایی ناپایدار است، تغییر pH به وسیله گاز CO₂ می‌تواند عاملی در جهت کاهش آن باشد. در کل بر اساس نتایج بدست آمده این طور به نظر می‌رسد که نقش اکسیژن در تجزیه اسید آسکوربیک بیشتر از دی‌اکسیدکربن بوده و کاهش اکسیژن در تیمارهای MAP سبب تأخیر و یا کاهش در تجزیه ویتامین ث شده است (جدول ۵). تیمار بره‌موم تجزیه و تخریب اسید آسکوربیک را کاهش داده است. به طوری که در اثر به کار بردن تیمار ۱۰٪ بره‌موم میزان ویتامین ث ۲۰۴/۸ و در اثر عدم کاربرد آن میزان ویتامین ث ۱۳۷/۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بدست آمده است (جدول ۴). بره‌موم به دلیل داشتن انواع فلاونوئیدها در حد قابل توجه [۲۴]، می‌تواند از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار باشد [۲۵]، توان بالای آنتی‌اکسیدانی آن بر طراوت و

تازگی برگ‌های اسفناج و کاهش تنفس و در نتیجه کاهش تجزیه اسید آسکوربیک اثر گذار بوده است.

۴-۲- کلروفیل a و b

مقدار کلروفیل a و b در طول این آزمایش کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان دادند. هرسه تیمار به کار برده شده تفاوت معنی‌داری با هم در سطح ۱٪ داشتند (جدول ۲). قبل از انبار مقدار کلروفیل a و b به ترتیب ۱۱۳/۶۹ و ۱۶/۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰

گرم اندازه‌گیری شد. در هفته اول بعد از انبارداری مقدار کلروفیل a به ۱۰۴/۷۵ میلی‌گرم رسید و مقدار کلروفیل b ۱۳/۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به دست آمد و در هفته دوم این تغییرات با سرعت مشابه ادامه پیدا کرد و مقدار کلروفیل a به ۱۰۱/۳ میلی‌گرم و مقدار کلروفیل b به ۱۲/۷ میلی‌گرم رسید. در هفته‌های سوم و چهارم تجزیه کلروفیل‌ها با شدت کمتری انجام گرفت (جدول ۳).

جدول ۲ تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده اسفناج رقم "ورامین ۸۸" در طول مدت انبار

تیمار	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کروما	L*	pH	TSS	اسید	کیفیت ظاهری	اسید آسکوربیک	٪ کاهش وزن	٪ آلودگی
زمن	۳	۱۴/۵۱*	۰/۱۳۵ ^{ns}	۳۳ ^{ns}	۲۸۴۷*	۰/۴۶۳**	۳/۱۵**	۳/۰۱**	۵/۰۴*	۱۲۲/۴**	۱۳۷/۹۶**	۶۳۳**
بره‌موم	۲	۲۳۸ ^{ns}	۲/۶۴ ^{ns}	۲/۸۹ ^{ns}	۴۳ ^{ns}	۰/۳۳۸*	۳/۰۱*	۰/۳۶*	۰/۳۷ ^{ns}	۵۲۳*	۱۸۶*	۱۱/۴**
MAP	۲	۳۳۳ ^{ns}	۲/۶۵*	۳۳/۰۸**	۰/۶۳ ^{ns}	۰/۰۶۱ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۸۲۷**	۱۳۷۹**	۶۸**	۳۳۳*
زمن×بره‌موم	۶	۶۴۷*	۱/۵۲*	۱/۳۳ ^{ns}	۲۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۴*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۶۰۲*	۱۹۴ ^{ns}	۷/۵۲*
زمن×MAP	۶	۳۳۹۷**	۱/۳۶*	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۰۸۵ ^{ns}	۰/۵۱*	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۴۰/۰۹**	۴۱/۱**	۳/۴۵*
بره‌موم×MAP	۴	۰/۰۱۸ ^{ns}	۱/۳*	۷/۹۵*	۱/۰۹ ^{ns}	۰/۲۸*	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۳۳۲۹ ^{ns}	۳۳۸*	۰/۶۴ ^{ns}
زمن×بره‌موم×MAP	۱۲	۲/۶۳ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۱۶۳۳*	۳۴/۵۱*	۰/۰۴۸ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۳/۷۵ ^{ns}	۴۹۶*	۱/۷ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}
خطا	۱۹	۰/۸۳	۰/۱۴	۱/۱۶۷	۱/۶۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۰۲	۰/۴۱	۰/۸۹۵	۰/۹۸	۰/۲۴

ns, * و **، به ترتیب، عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

در اثر کاربرد ۵٪ بره‌موم نسبت به تیمار ۱۰٪، کاهش مقدار هر دو نوع کلروفیل بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نگردید. بین هر دو سطح استفاده از بره‌موم با تیمار عدم کاربرد آن، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. تیمار MAP تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل‌های a و b در طی انبارداری اسفناج گذاشت. بین دو سطح گازی استفاده شده تفاوت معنی‌داری از نظر نگهداری کلروفیل مشاهده نشد. اثرات متقابل زمان در بره‌موم و زمان در MAP بر مقدار هر دو نوع کلروفیل معنی‌دار بود، در حالیکه اثر متقابل بره‌موم در MAP تنها بر مقدار کلروفیل b تأثیر معنی‌داری گذاشت. اثر متقابل زمان در بره‌موم در MAP، تأثیر معنی‌داری بر مقدار هر دو کلروفیل نداشت (جدول ۲).

دارانی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که میزان هر دو کلروفیل a و b و مقدار کلروفیل کل در طی انبارداری کاهش یافت و افزایش مقدار CO₂ تا ۱۵٪ مقدار کلروفیل‌ها را کاهش

داد [۲۶]. کلروفیل منبع رنگ سبز گیاهان، ترکیبی حساس است که می‌تواند در طی فرایند انبارداری تخریب و موجب از بین رفتن رنگ سبز سبزی‌ها و افت کیفیت آن‌ها شود [۲۷]. رایان-استونهام و تونگ (۲۰۰۰) گزارش کرد فاکتورهای زیادی مانند pH، دما، یون‌های فلزی، آنزیم‌ها و غیره روی تجزیه کلروفیل موثر هستند [۲۸]. تجزیه کلروفیل در دماهای پایین و pH بالا و قلیایی، کاهش می‌یابد. پاندرانگی و لاپرده (۲۰۰۴) دلیل تغییرات رنگ اسفناج را تجزیه کلروفیل دانسته و اعلام کردند سرعت تجزیه کلروفیل تفاوتی با یکدیگر ندارد [۲۹].

۴-۳- رنگ

مطالعات قبلی ارتباط بین مقدار کلروفیل و مقدار پارامترهای رنگ شامل a^* ، b^* ، L^* ، هیو و کروما را در سبزی‌های انبار شده بیان می‌کنند [۱۵]. اسفناج‌های تحت تیمار MAP رنگ سبز خود را بهتر از اسفناج‌های تحت تیمار بره‌موم نگه داشتند و زردی کمتری نشان دادند که در واقع b^* بالاتری داشتند و از

سبزی بیشتری برخوردار بودند، و مقدار کلروفیل بیشتری همانطور که در بالا ذکر شد دارا بودند و این هماهنگی بین رنگ و مقدار کلروفیل مشاهده گردید. سطح سوم تیمار MAP توانسته است رنگ سبز را بهتر از سایر تیمارها نگه دارد. شاخص‌های رنگی تقریباً در تمامی تیمارها و اثرات متقابل آنها تحت تأثیر قرار گرفتند و تغییرات معنی داری در سطح آماری ۱ و ۰.۵٪ نشان دادند. L^* میزان روشنایی را نشان می‌دهد (۰=سیاه، ۱۰۰=سفید) که با بیشتر شدن مقدار L^* درخشندگی رنگ بیشتر می‌شود. L^* در طول این آزمایش و در تمام تیمارها به استثنای اثرات متقابل هر سه تیمار، تغییر معنی‌داری نداشت. شاخص کروما میزان شدت رنگ را نشان می‌دهد و این شاخص نیز در طول آزمایش تحت تأثیر اثر متقابل بره‌موم در MAP و اثر متقابل زمان در بره‌موم در MAP قرار گرفت، که این تغییرات الگوی مشخص و قابل تفسیری را نشان ندادند

۴-۴- pH و اسید کل

با گذشت زمان و در هر سه نوع تیمار به کار برده شده مقدار pH کاهش یافت و بافت‌های انبار شده اسیدی‌تر شدند (جدول ۲). اثر اصلی زمان بیشترین تأثیر را بر مقدار pH گذاشت و در طول انبار با کاهش زیادی مواجه شد، به طوری که قبل از انبار مقدار pH ۵/۳۱ بود و در هفته‌ی سوم به ۴/۲ و در پایان انبارداری

به مقدار ۳/۸۳ رسید (جدول ۳). تیمار MAP تأثیر معنی‌داری بر مقدار pH داشت. تیمارهای ۱۰ و ۰.۵٪ بره‌موم سبب حفظ pH شدند اگرچه این دو تیمار تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴). از بین اثرات متقابل تیمارها تنها اثر متقابل سطوح مختلف تیمارهای بره‌موم در MAP (جدول ۸) بر مقدار pH معنی‌دار بود. افزایش اسید ممکن است در اثر سنتز اسیدهای آلی غالب یعنی اسید اگزالیک و اسید مالیک باشد. دلیل دیگر برای افزایش مقدار اسید بافت‌ها، تجمع اسیدها در اثر مصرف نشدن در فرایند تنفس می‌تواند باشد [۱۵].

مقدار اسید تحت تأثیر تیمار زمان تغییرات معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان داد (جدول ۲). مقدار اسید قبل از انبار ۰/۰۴٪ بود که بعد از یک هفته به ۰/۴۷٪، در هفته دوم به ۱٪، در هفته سوم به ۱/۳ و در پایان انبار به ۱/۴۱ رسید. تیمار بره‌موم نیز اثر معنی‌داری بر میزان اسید گذاشت و سطح ۱۰٪ آن افزایش شدید اسید را کاهش داده و مقدار اسید تحت تأثیر آن ۱/۱٪ بوده است (جدول ۴). تیمار MAP بیشترین تأثیر را بر مقدار اسیدیته گذاشته است و در تیمار گازی سوم مقدار اسید ۰/۹٪ بوده است و از تجمع اسید جلوگیری نموده است و تفاوت معنی داری با ترکیب گازی سطح دو (۱/۰۹) و سطح یک (۱/۳۵) که شاهد بوده است، نشان داد (جدول ۵).

جدول ۳ مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر اصلی زمان (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۵٪)

بره‌موم	کلروفیل a (mg/100g)	کلروفیل b (mg/100g)	کروما	L*	pH	TSS (٪)	اسید (٪)	کیفیت ظاهری (نمره دهی)	اسیدآسکوربیک (mg/100g)	کاهش وزن (٪)	آلودگی (٪)
۰	۹۳/۶۴b	۱۴/۸a	۲۲/۱a	۴۳/۷۴a	۴/۰۲b	۴/۷۶a	۱/۴a	۲/۷a	۱۳۷/۳۶c	۶/۸a	۸
۰.۵	۱۰۱/۶a	۱۰/۵b	۲۲/۲۸a	۴۲/۹a	۴/۵۱a	۳/۴۷b	۱/۲۸ab	۱/۷b	۱۸۳/۲۴b	۴/۱b	۰
۱.۰	۱۰۲/۶a	۱۱/۷b	۲۲/۲۵a	۴۲/۸۱a	۴/۶a	۳/۱۵b	۱/۱b	۱/۳c	۲۰۴/۸a	۲/۵c	۰

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۴ مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر اصلی بره‌موم (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪)

MAP	کلروفیل a(mg/100g)	کلروفیل b(mg/100g)	کروما	L*	pH	(%)TSS	اسید (%)	کیفیت ظله‌ری (نمره‌دهی)	اسید آسکوربیک (mg/100g)	کاهش وزن (%)	آلودگی (%)
۱	۸۷۳۲b	۱۱۳۵b	۲۲/۴۱ a	۴۳/۴۸a	۳/۹۷b	۴/۸a	۱/۳۵a	۲/۷۵a	۱۵/۱۴c	۶/۵a	۱۱/۶۸a
۲	۱۰۱/۰۲a	۱۳/۰۸ab	۲۰/۸a	۴۳/۱۶a	۴/۶۱a	۳/۱b	۱/۰۹b	۱b	۱۸/۴۵b	۳b	۱۱/۲۲a
۳	۹۹a	۱۴/۱ a	۲۱/۵a	۴۳/۷a	۴/۸a	۲/۶c	۰/۹c	۰/۵c	۲۰/۱a	۲/۵c	۱۱/۰۶a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۵ مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر اصلی MAP (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪)

زمان	کلروفیل a(mg/100g)	کلروفیل b(mg/100g)	کروما	L*	pH	(%)TSS	اسید (%)	کیفیت ظله‌ری (نمره‌دهی)	اسید آسکوربیک (mg/100g)	کاهش وزن (%)	آلودگی (%)
روز ۰	۱۱۳/۶۹a	۱۶/۱۰a	۱۹/۶۱b	۴۲/۰۴b	۵/۳۱	۱/۲d	۰/۰۴d	۰	۲۷/۵۱a	۰	۰
روز ۷	۱۰۴/۷۵b	۱۳/۲b	۲۱/۴ a	۴۲/۳۳b	۵/۰۷a	۳/۹۵c	۰/۴۷c	۰/۶d	۲۲/۵b	۱/۰۲d	۴d
روز ۱۴	۱۰۱/۲bc	۱۲/۷b	۲۲/۳۵a	۴۴/۴۱ a	۴/۶۶b	۴/۴bc	۱b	۱/۰c	۱۱/۰۸c	۲/۶۵c	۶/۴c
روز ۲۱	۹۵c	۱۲/۱bc	۲۱/۵a	۴۵/۲a	۴/۲	۴/۷۴ab	۱/۳ab	۲/۱۶b	۱۴/۶d	۴/۸۳b	۱۰/۹۶b
روز ۲۸	۸۹/۶ed	۱۱/۱c	۲۰/ab	۴۴/۹a	۳/۸۳	۵/۰۱a	۱/۴۱a	۲/۹a	۱۱/۴۵e	۶/۰۱a	۱۳/۳۲a

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۶ اثر متقابل زمان و بره‌موم بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده اسفناج "ورامین ۸۸" (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪)

زمان × بره‌موم	اسید آسکوربیک	کلروفیل a(mg/100g)	کلروفیل b(mg/100g)	TSS (%)	آلودگی (%)
a ₁ × b ₁	۲۲۲/۵b	۱۱۰/۳۱a	۱۲/۵۷ab	۲/۴۳cd	۴d
a ₁ × b ₂	۲۳۷/۸۳a	۱۱۱/۹۸ a	۱۳/۰۳a	۱/۹۸۳de	۲/۱ f
a ₁ × b ₃	۲۴۰/۹۵a	۱۱۲/۷۵۸a	۱۳/۲۳a	۱/۵f	۱g
a ₂ × b ₁	۱۴۱/۳۱ef	۱۰۹/۷۷a	۱۱/۳۹b	۲/۹۷c	۶/۵c
a ₂ × b ₂	۱۹۸/۷c	۱۰۷/۸۳ab	۱۲/۳۵ab	۲/۰۱de	۲/۸e
a ₂ × b ₃	۲۰/۲c	۱۱۰a	۱۳/۰۹a	۱/۷۳ef	۱/۵fg
a ₃ × b ₁	۱۲۴/۵	۱۰۳/۴۲c	۱۰/۱۱cd	۴/۲ab	۹/۲b
a ₃ × b ₂	۱۴۵/۲e	۱۰۵/۵۶bc	۱۱/۸۳b	۳/۱۹bc	۳/۴de
a ₃ × b ₃	۱۶۶/۳۳d	۱۰۸/۸۸ab	۱۲/۹۷a	۲/۲۳d	۱/۸fg
a ₄ × b ₁	۱۱۵/۱g	۱۰۰/۱۱c	۹/۵d	۴/۹۱a	۱۱a
a ₄ × b ₂	۱۳۸/۵ef	۱۰۴/۳۵c	۱۰/۹۹c	۳/۵۲b	۵/۷۵c
a ₄ × b ₃	۱۴۶/۳۶e	۱۰۵/۵bc	۱۱/۹b	۳/۴۶b	۳/۶de

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۷ اثر متقابل زمان و MAP بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده اسفناج "ورامین ۸۸" (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪)

آلودگی (%)	کاهش وزن (%)	اسید آسکوربیک (mg/100g)	TSS (%)	کلروفیل b(mg/100g)	کلروفیل a(mg/100g)	صفات
						زمان × MAP
۲g	۱/۵۵f	۲۲۲/۵b	۲/۵۳b	۱۲/۰۹۵e	۱۱۲/۵۹۵ab	a ₁ ×c ₁
۱/۹g	۰/۳۷hi	۲۳۶/۳۸a	۲/۱۱g	۱۴/۲۱۸b	۱۱۴/۶۹a	a ₁ ×c ₂
۱/۹g	۰/۲ i	۲۳۵/۵ a	۱/۸gh	۱۵/۴a	۱۱۵/۸a	a ₁ ×c ₃
۴/۱de	۲/۶۳d	۱۶۱/۳۱cd	۳/۹۶bc	۱۰/۹۹ fg	۱۰۸/۱۳c	a ₂ ×c ₁
۳/۵e	۱/۲۵ fg	۱۶۸/۲c	۳/۲۷d	۱۳/۸bc	۱۱۲/۹b	a ₂ ×c ₂
۲/۸f	۰/۵۵ h	۱۷۱c	۲/۱۵g	۱۵a	۱۱۳/۲ab	a ₂ ×c ₃
۵/۳b	۳/۸۲ b	۱۲۶/۵ef	۴/۲b	۹/۹۰۳h	۱۰۳/۹۵d	a ₃ ×c ₁
۴/۲۱d	۲/۹۵cd	۱۵۳/۴۸d	۳/۵۱۷cd	۱۲/۶۱۰ab	۱۰۹/۷۸۲bc	a ₃ ×c ₂
۳/۳e	۱/۲۹ fg	۱۵۵/۶۱d	۲/۷۹e	۱۳/۸۳bc	۱۱۰/۷bc	a ₃ ×c ₃
۶/۹ a	۷/۱۱a	۱۱۵/۱f	۴/۹a	۸/۸۱i	۹۸/۶de	a ₄ ×c ₁
۴/۷ c	۳/۱ c	۱۲۴/۳ef	۳/۸ c	۱۱/۱۳ f	۱۰۵/۵cd	a ₄ ×c ₂
۴/۱de	۲ e	۱۳۳/۱e	۲/۶۲ef	۱۲/۷۸d	۱۰۸/۱۹ c	a ₄ ×c ₃

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۸ اثر متقابل بره‌موم و MAP بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده اسفناج رقم "ورامین ۸۸" (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪)

کاهش وزن (%)	کروما	pH	کلروفیل b(mg/100g)	صفات
				بره‌موم × MAP
۷/۸a	۲۲/۵۳a	۵/۱۶۵ a	۱۲/۳۰۲ef	b ₁ ×c ₁
۷ab	۲۱/۷۲ a	۵/۰۴۷ a	۱۲/۴۹۸ e	b ₁ ×c ₂
۶/۵b	۲۲/۹۹ a	۴/۷۴۷ b	۱۲/۴۹۷e	b ₁ ×c ₃
۴/۷c	۱۹/۸۸ b	۵/۰۶۷ a	۱۳/۶۳d	b ₂ ×c ₁
۴/۱۲cd	۲۰/۵ab	۴/۹ ab	۱۳/۵ d	b ₂ ×c ₂
۴d	۲۱/۳ab	۵ a	۱۴/۱ bc	b ₂ ×c ₃
۴d	۱۸/۷bc	۴/۸۵ ab	۱۲/۶ e	b ₃ ×c ₁
۳/۹d	۲۰b	۵/۰۵ a	۱۴/۴۲ b	b ₃ ×c ₂
۳/۸de	۲۰/۲b	۴/۹۱ ab	۱۵/۲ a	b ₃ ×c ₃

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند

جدول ۹ اثر متقابل زمان، بره‌موم و MAP بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده اسفناج رقم "ورامین ۸۸" (بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۵٪)

کروما	L*	اسید آسکوربیک (mg/100g)	صفات
			زمان × بره‌موم × MAP
۱۹/۶۱ a	۴۲/۰۴ c	۲۲۲/۷۴bc	a ₁ ×b ₁ ×c ₁
۲۰/۱۸ a	۴۲/۸۲c	۲۲۷/۳۸ b	a ₁ ×b ₁ ×c ₂
۲۱/۰۸c	۴۴/۷bc	۲۳۱/۵ab	a ₁ ×b ₁ ×c ₃
۲۰/۷cd	۴۲c	۲۳۷/۳۱a	a ₁ ×b ₂ ×c ₁
۲۰/۵ cd	۴۶/۵bc	۲۴۰/۲a	a ₁ ×b ₂ ×c ₂
۲۱/۳ c	۴۶/۵bc	۲۴۲a	a ₁ ×b ₂ ×c ₃
۲۱/۷c	۴۳/۲c	۲۲۹/۵bc	a ₁ ×b ₃ ×c ₁
۲۲bc	۴۷/۳۵b	۲۴۴/۴۸ a	a ₁ ×b ₃ ×c ₂
۲۳/۲b	۴۹/۳۳ab	۲۴۶/۶۱a	a ₁ ×b ₃ ×c ₃
۲۲/۵۳bc	۴۴/۵۲bc	۱۶۳/۱f	a ₂ ×b ₁ ×c ₁
۲۱/۷۲c	۴۵/۵bc	۱۷۲/۳de	a ₂ ×b ₁ ×c ₂
۲۲/۱c	۴۶bc	۱۷۵/۱de	a ₂ ×b ₁ ×c ₃
۲۱/۸۸bc	۴۶/۲bc	۱۷۴/۷۴de	a ₂ ×b ₂ ×c ₁
۲۲/۵ bc	۴۲/۸۲c	۱۸۰/۳۸d	a ₂ ×b ₂ ×c ₂
۲۲/۳bc	۴۴/۷۵bc	۱۸۳/۵d	a ₂ ×b ₂ ×c ₃
۲۱/۷c	۴۳c	۱۷۳/۳۱de	a ₂ ×b ₃ ×c ₁
۲۳b	۴۸/۱ab	۱۸۱/۲d	a ₂ ×b ₃ ×c ₂
۲۴ab	۵۰a	۱۸۵d	a ₂ ×b ₃ ×c ₃
۲۱/۲c	۴۴/۰۴bc	۱۳۹/۵ b	a ₃ ×b ₁ ×c ₁
۲۲/۳bc	۴۴/۹bc	۱۴۶/۴۸ a	a ₃ ×b ₁ ×c ₂
۲۲/۶۲bc	۴۷/۶b	۱۴۹/۳g	a ₃ ×b ₁ ×c ₃
۲۳/۷b	۴۷/۵b	۱۴۷/۳۱ g	a ₃ ×b ₂ ×c ₁
۲۴/۱ab	۵۰/۷a	۱۵۵/۳fg	a ₃ ×b ₂ ×c ₂
۲۴/۴ab	۵۱a	۱۵۴/۱fg	a ₃ ×b ₂ ×c ₃
۲۳/۴b	۴۹/۶۵a	۱۴۳/۷۴ c	a ₃ ×b ₃ ×c ₁
۲۵a	۴۹/۸۲a	۱۵۲/۳۸fg	a ₃ ×b ₃ ×c ₂
۲۴/۱۳ab	۵۲/۶۱ a	۱۵۷/۵fg	a ₃ ×b ₃ ×c ₃
۲۳/۹b	۴۳c	۱۱۶/۷i	a ₄ ×b ₁ ×c ₁
۲۴/۷۵ab	۴۴/۴bc	۱۲۱/۶hi	a ₄ ×b ₁ ×c ₂
۲۵/۶۶a	۴۷b	۱۲۴hi	a ₄ ×b ₁ ×c ₃
۲۳/۷b	۴۵/۱۵bc	۱۲۶/۵hi	a ₄ ×b ₂ ×c ₁
۲۴/۹a	۴۷/۸b	۱۳۱/۴۸h	a ₄ ×b ₂ ×c ₂
۲۵/۸۳a	۴۹/۱۸ab	۱۳۲/۶۱h	a ₄ ×b ₂ ×c ₃
۲۴/۷۸ab	۴۷/۵۲b	۱۳۹/۱gh	a ₄ ×b ₃ ×c ₁
۲۶/۱a	۵۳/۵a	۱۳۵/۳h	a ₄ ×b ₃ ×c ₂
۲۶/۹۵a	۵۱a	۱۴۰/۱gh	a ₄ ×b ₃ ×c ₃

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح ۰.۱٪ تفاوت معنی داری با هم دارند

۴-۵- مواد جامد محلول (TSS)

مقدار مواد جامد محلول (بریکس) قبل از انبار ۱/۲٪ بود. در هفته‌ی اول انبارمانی مقدار قند به ۳/۹۵٪ رسید و دارای افزایش معنی‌داری در سطح ۱٪ بود و در هفته‌ی دوم انبارمانی به ۴/۴۸٪ رسید. در هفته‌ی سوم مقدار مواد جامد محلول به ۴/۷۴٪ و در پایان انبار به ۵/۰۱٪ رسید (جدول ۳). بین سه سطح بره‌موم نیز از نظر مقدار مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. در سطح سوم بره‌موم (۱۰٪) مقدار مواد جامد محلول ۳/۵٪ بود. عامل MAP نیز اثر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول داشت. در اثر کاربرد تیمار سطح دوم MAP مقدار ۳/۵٪ و تیمار سطح سوم MAP مقدار ۲/۸۷٪ بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل عامل‌های زمان در بره‌موم و زمان در MAP نیز بر مقدار مواد جامد محلول نمونه‌های اسفناج رقم "ورامین ۸۸" اثرگذار بودند و سبب تغییرات معنی‌داری در این مقادیر شدند. اثر متقابل هر سه عامل (زمان، بره‌موم و MAP) بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار نبود (جدول ۲).

۴-۶- کیفیت ظاهری

با گذشت زمان از کیفیت ظاهری نمونه‌ها کاسته شد به گونه‌ای که بعد از یک هفته عدد ۰/۶، بعد از دو هفته عدد ۱/۰۸، بعد از سه هفته عدد ۲/۱۸ و بعد از چهار هفته انبارداری عدد ۲/۹ به کیفیت حسی و ظاهری آنها تعلق گرفت (جدول ۳). تیمار بره‌موم تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ بر میزان کیفیت ظاهری نمونه‌ها داشته است و دلیل آن می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای آن بدلیل وجود انواع متنوعی از فلاونوئیدها در ساختار آن باشد. بیشترین تأثیر بر کیفیت ظاهری نمونه‌های اسفناج را تیمار MAP دارا بود، به طوری که در تیمار سطح سوم آن مقدار نمره-ی اختصاص یافته به کیفیت ظاهری نمونه‌ها ۰/۵ بود. می‌توان چنین برداشت کرد که سطوح متوسط اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بهترین کارایی را در حفظ خصوصیات ظاهری گیاه دارند (شکل ۱). آئنده و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند [۳۰] که افزودن O_2 بالا به بسته، میزان صدمه به بافت را کاهش داده و برای حفظ کیفیت برگ‌های جوان اسفناج نیز مفید است. تودلا و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که افزایش میزان CO_2 به طور مشخص

آسیب به بافت اسفناج را افزایش می‌دهد که این امر در پی آزاد-سازی آمونیاک و کاهش میزان پروتئین به وقوع می‌پیوندد [۳۱].



شکل ۱ نمونه‌های اسفناج تحت تیمار سطح سوم MAP و بره‌موم بعد از ۲۸ روز انبار (سمت چپ)، نمونه شاهد بعد از ۲۸ روز انبار (سمت راست)

۴-۷- درصد کاهش وزن و آلودگی‌ها

با گذشت زمان نگهداری درصد آب نمونه‌ها کاهش یافت. اثر اصلی هر یک از تیمارهای بره‌موم و MAP اثر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر مقدار آب نمونه‌ها داشت و استفاده از این تیمارها سبب حفظ معنی‌دار آب نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد گردید. اثر متقابل عامل‌های زمان در MAP و همچنین بره‌موم در MAP، اثر معنی‌داری بر مقدار آب نمونه‌ها داشت (جدول-های ۷ و ۸). حفظ آب نمونه‌ها بستگی به میزان رطوبت نسبی

۶- منابع

- [1] Tamjidi, M. 2009. Spinach the queen of vegetables. Tehran Today Journal, 69 [in Persian].
- [2] Peyvast, Gh. 2002. Olericulture. Agricultural Science Press (2th Edition). pp. 461 [in Persian].
- [3] Bankova, V., Christov, R., Delgado Tejera, A. 1998. Lignans and other constituents of propolis from the Canary Islands, *Phytochemistry*, 49: 1411-1415.
- [4] Cantwell, M., and Suslow, T. 2002. Lettuce, Romaine or Cos. Recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616-8683.
- [5] Ghodousi, B. and Nikkhah, H. 2006. New methods of food preservation. Ferdowsi University of Mashhad press. pp. 186 [in Persian].
- [6] Francis GA. Thomas C. and O'Breirne D. 1999. The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 34: 1-22.
- [7] Mu, J., Chen, Z. and Yuan, L. 2006. Application of propolis in food preservation. *Food Science and Technology*, 27: 183-189.
- [8] El-Badawy, H.E.M., Baiea, M.H.M. and Eman, A.A. 2012. Efficacy of propolis and wax coatings in improving fruit quality of Washington" navel orange under cold storage. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 8(5): 420-428.
- [9] Ganjeh, M. 2010. Modified atmosphere packaging in fruit and vegetable. *Sciences and Equipments Quarterly*, 4, 40-48 [in Persian].
- [10] Mostofi, Y., Seyed Hajzadeh, H., Talaei, A.R. and Ebrahimzade Mousavi, M.A. 2007. Maintaining of quality and extending storability of Iranian local apple Golab Kohanz by modified atmosphere packaging. *Plant and Seed*, 23: 87-99 [in Persian].
- [11] Lashgari, E. 2006. Packaging of pomegranate fruit under MAP condition and

محیط و یا در واقع به تفاوت رطوبت نسبی فراورده و محیط پیرامون آن دارد و هرچه این تفاوت کمتر باشد آب از دست رفته نمونه‌ها نیز کمتر خواهد بود.

تیمار بره‌موم اثرگذارترین تیمار بر مقدار آلودگی‌ها بوده و مشاهده گردید که در تیمار ۵ و ۱۰٪ آن هیچ گونه آلودگی بوجود نیامد. خاصیت اصلی بره‌موم و نقش آن در کندوهای زنبورها نیز بر همین اساس بوده است. بیش از ۳۰۰ ترکیب مختلف نظیر پلی‌فنل‌ها، آلدئیدفنلیک‌ها، مونوترپن‌ها، آمینواسیدها، استروئیدها و ترکیبات غیرآلی دیگر در ساختار بره‌موم یافت شده‌اند [۳۲].

اخیراً، تحقیقات متعددی نشان داده است که بره‌موم می‌تواند عمر پس از برداشت لوبیا، انگور، گیلاس، و میوه‌های خانواده مرکبات را افزایش دهد [۳۳ و ۳۴]. تیمار MAP تأثیر معنی‌داری بر میزان آلودگی نمونه‌ها نداشت. با گذر زمان درصد نمونه‌های آلوده افزایش یافت به طوری که بعد از ۲۸ روز انبارداری به ۱۳/۶٪ رسید (جدول ۳).

۵- نتیجه‌گیری

تیمارهای مورد مطالعه در این تحقیق سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در اکثر صفات کمی و کیفی اسفناج رقم "ورامین ۸۸" شد. نتایج نشان داد که گذشت زمان مقدار اسید آسکوربیک را در اسفناج کاهش می‌دهد. استفاده از ماده بره‌موم سبب حفظ صفات کمی و کیفی اسفناج از جمله مقدار ویتامین ث، کلروفیل‌ها و ... شد، که این مسئله می‌تواند به دلیل اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن باشد که در تحقیقات گذشته به آن اشاره شده است و در این پژوهش نیز بر اساس کاهش درصد آلودگی نمونه‌های تحت این تیمار و حفظ بیشتر میزان ویتامین ث در آن‌ها اثبات می‌گردد. در طی انبارداری اسفناج در اثر تیمارهای به کار برده شده در این آزمایش نتیجه گرفته شد که بهترین تیمارها برای ماندگاری بیشتر اسفناج، از نظر بره‌موم استفاده از بسته‌بندی با ۱۰ درصد بره‌موم بود، و از نظر نوع اتمسفر، بسته‌بندی در اتمسفر ۵٪ O₂ و ۱۵٪ CO₂ می‌باشد که باعث حفظ طراوت و تازگی و بهبود صفاتی از قبیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش pH شد. بهترین ترکیب تیمار نیز ترکیب این دو بود.

- [21] James, C., Mark, C.B., Steven, T.K. and Frank J.D. 1994. Plant diseases, Chapter: Economically important diseases of spinach. University of Arkansas. The American phytopathological society. pp: 654.
- [22] Zagory, D. and Kader, A. A. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh product. Food Technology, 42: 70-77.
- [23] Zheng, Y., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Zheng, W. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatment. Food Science and Technology, 40: 49-57.
- [24] Havsteen B. 1983. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. Biochemical Pharmacology, 32: 1141-1148.
- [25] Rao, C.V., Desai, D., Simi, B., Kulkarni, N., Amin, S. and Reddy, B. S. 1993. Inhibitory effect of caffeic acid esterson azoxymethane-induced biochemical changes and aberrant crypt foci formation in rat colon. Cancer Research, 53: 4182-4188.
- [26] Darani, S., Fazel, M. and Keramat, J. 2014. Investigation of the influence of MAP on some physicochemical properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) during preservation. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 3: 69-79 [in Persian].
- [27] Nilsha, P., Singhal, R. S., Pandit, A. B. 2004. A study on the degradation kinetics of visual green colourin spinach (*Spinacia oleracea* L.) and the effect of salt therein. Journal of Food Engineering, 64: 135-142.
- [28] Ryan-Stoneham, T. and Tong, C. H. 2000. Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH. Journal of Food Science, 65: 1296-1302.
- [29] Pandrangi, S. and LaBorde, L. F. 2004. Retention of folate, carotenoids, and other quality characteristics in commercially packaged fresh spinach. Journal of Food Science, 69: 702-707.
- [30] Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J., Artés, F., Wang, C.Y. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach determine the optimum packaging conditions. M.Sc. thesis in Food Science and Technology, Tehran University.
- [12] Liu, F. and Li, Y. 2006. Storage characteristics and relationships between microbial growth parameters and shelf life of MAP sliced onions. Journal of Postharvest Biology and Technology, 40: 262-268.
- [13] Tazawa, Sh., Warashina T., Noro, T., Miyase, T. 1998. Studies on the constituents of Brazilian propolis, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 46: 1477-1479.
- [14] Mitcham, E.J., Clayton, M. and Biasi, W.V. 1998. Comparison of devices for measuring cherry fruit firmness. Horticulture Science, 33: 723-727.
- [15] Goncalves, E.M., Cruz, R.M.S., Abreu, M., Brandao, T.R. and Silva, C.L. 2009. Biochemical and colour changes of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) during freezing and frozen storage. Food Engineering, 93: 32-39.
- [16] Evelyn, M., Toledo, M., Ueda, Y., Imahori, Y. and Ayaki, M. 2003. L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage inlight and dark. J. Postharvest biology and Technology, 28: 47-57.
- [17] Glowacza, M., Mogrena, L. M., Readea, J. H., Cobba, A. H., James, M. and Monaghana, A. 2013. Can hot water treatments enhance or maintain postharvest quality of spinach leaves? J. Postharvest Biology and Technology, 81: 23-28.
- [18] Lee, S.K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220.
- [19] Giannakourou, M.C. and Taoukis, P.S. 2003. Kinetics modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. Food Chemistry, 83: 33-41.
- [20] Ajayi, S.O., Oderinde, S.F. and Osibanjo, O. 1980. Vitamin C losses in cooked fresh leafy vegetables. Food Chemistry, 5: 243-247.

- [32] Khalil, A. and Nora, M.E. 2010. The effects of dietary Egyptian propolis and bee pollen supplementation against toxicity of sodium fluoride in rats. *Journal of American Science*, 6: 310-316.
- [33] Ikeno, K., Ikeno, T. and Miyazawa, C. 1991. Effects of propolis on dental caries in rats. *Caries Research*, 25: 347-351.
- [34] Koltay, M. 2011. Isolation and identification of constituents of propolis. M.Sc. Thesis. Concordia University.
- leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 33: 51-59.
- [31] Tudela, J., Marn, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Marna, S., Medina-Martnez, M. and Gil, I. 2013. Offodour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 75: 75-85.

Evaluation of the effect of modified atmosphere packaging (MAP) and propolis on some properties of spinach cultivar of “Varamin 88” during preservation

Rami, A. ¹, Sheikhloie, H. ^{1*}, Yousefi, A. R. ²

1. Department of Food Science and Technology, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran

2. Department of Chemical Engineering, University of Bonab, Bonab, Iran

(Received: 94/3/16 Accepted: 94/6/17)

A factorial experiment with 3 factor based on RCD was considered in order to evaluate effects of MAP and propolis on postharvest quality of spinach (*Spinacia oleraceae* cv. Varamin 88). The first factor was storage time in 4 levels of 7, 14, 21 and 28 days; second factor was gas mixture in 3 levels of air composition, O₂ 15% + CO₂ 5% and O₂ 5% + CO₂ 15%; and third factor was propolis on 3 levels of zero, 5% and 10%. The ANOVA results showed that all characters except chroma and chlorophyll b had significant differences at levels 1 and 5%. The amount of the acid Ascorbic was 275.1 mg/100gfw before storage and after a week this value modified to 171.1 mg/100gfw and after 14 days reached to 141 mg/100gfw. Using of propolis had statically significant effect in probability levels of 1 and 5% on hue angle, TSS, pH, acid, acid ascorbic, weight loss percent, and infection percent. Infection percent severely reduced affected by the use of propolis. The main effect of MAP treatment had significant influence on color indices, appearance quality, acid ascorbic content, weight loss and infection percents. Triple interaction of treatments had significant effect on ascorbic acid content at 5% level. Based on the obtained results use of 10% propolis and O₂ 5% + CO₂ 15% was the best treatment to increase the shelf life of spinach.

Keywords: MAP, Infection percent, Propolis, “Varamin 88”, Vitamin C

* Corresponding Author E-Mail Address: h.sheikhloie@iau-maragheh.ac.ir