

بررسی اثر بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته با دی‌اکسیدکربن بالا روی ویژگی‌های انبارمانی توت‌فرنگی رقم سلوا

(*Fragaria ananassa* cv. Selva)

مهشاد مقومی*، یونس مستوفی**، علی‌رضا طلایی***، مریم دهستانی**** و ابوالفضل اصغری****

تاریخ وصول مقاله: ۸۶/۱۱/۲۵ و تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۲/۲۲

چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه اثر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته با غلظت بالای گاز دی‌اکسیدکربن بر ویژگی‌های انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم 'سلوا' صورت گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل پوشش در دو سطح (پلی‌اتیلن و پلی‌آمید) و ترکیب گازی در دو سطح (هوا و دو درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۸۳ درصد نیتروژن) بودند. نمونه‌های موجود در هر تیمار در سردخانه با دمای $2 \pm 0^{\circ}\text{C}$ و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد قرار گرفته و در هر مرحله از نمونه‌برداری با فاصله پنج روز در یک دوره ۲۰ روزه از سردخانه خارج و برای ایجاد شرایط مشابه خرده‌فروشی ۲۴ ساعت در دمای اتاق (25°C) و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) نگهداری شدند. نتایج نشان داد که بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته به میزان قابل توجهی باعث جلوگیری از کاهش وزن و پوسیدگی شده است ولی میزان اسید اسکوربیک در آن کاهش یافته است. دی‌اکسیدکربن بالا داخل بسته‌ها باعث حفظ رنگ قرمز میوه و قهوه‌ای شدن کاسبرگ می‌شود. سفتی میوه‌ها در بسته‌ها با پوشش پلی‌اتیلن و دی‌اکسیدکربن بالا، به‌خوبی حفظ شده و مواد جامد محلول در بسته‌های پلی‌آمیدی بیش از شاهد و سایر تیمارها می‌باشد.

کلمات کلیدی: بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته، پوشش پلی‌آمید، پوشش پلی‌اتیلن، توت‌فرنگی، دی‌اکسیدکربن بالا، کیفیت، ویژگی‌های انباری

* - دانشجوی دکترا، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز -

ایران (E-mail: maghousmi@ut.ac.ir)

* - دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز - ایران

* - استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز - ایران

* - دانشجوی دکترا، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم باغبانی و گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز - ایران

مقدمه

دی‌اکسیدکربن نتیجه طبیعی فرایند تنفس محصولات است و اگر تنفس محصول و نفوذپذیری بسته با هم مطابقت داشته باشند، باعث ایجاد یک توازن مفید به صورت غیرفعال در بسته می‌شود. ولی در روش فعال با ترکیب مطلوبی از گازهای اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسیدکربن در اتمسفر داخل بسته، توازن ایجاد می‌شود که از طریق ایجاد خلأ جزئی و جایگزینی اتمسفر بسته با مخلوط گازی موردنظر انجام می‌گیرد (۱۰). اثر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته، براساس کاهش اکسیژن (در هوا ۲۱ درصد است) به کمتر از هشت درصد و افزایش دی‌اکسیدکربن (در هوا ۰/۰۳ درصد است) به بیش از یک درصد که منجر به کاهش تنفس می‌شود، می‌باشد (۱۶). سطوح دی‌اکسیدکربن بیشتر از ۱۰ درصد به طور مؤثری باعث کاهش یا توقف سرعت رشد میکروارگانیسم‌ها شده اما بسیاری از محصولات باغبانی فسادپذیر، توانایی تحمل افزایش دی‌اکسیدکربن را ندارند. از میان آنها محصولاتی مانند توت‌فرنگی، تمشک و گیلاس می‌توانند در مقادیر دی‌اکسیدکربن حدود ۲۰-۱۰ درصد باقی بمانند (۱۲ و ۱۴). برای آن دسته از محصولاتی که توانایی تحمل دی‌اکسیدکربن بالاتر از ۱۰ درصد را دارند، می‌توان از مزایای افزایش دی‌اکسیدکربن که باعث کاهش فعالیت قارچ‌ها و همچنین افزایش سفتی میوه می‌شود، استفاده کرد (۲۱). افزایش دی‌اکسیدکربن تا حدود ۲۰-۱۰ درصد به طور

توت‌فرنگی در میان میوه‌های مناطق معتدله، یک میوه بی‌نظیر به‌شمار رفته و در فصل بهار زودرس‌ترین میوه در بازار است (۳). این میوه برخلاف بسیاری از میوه‌ها، باید کاملاً رسیده برداشت شود و ساختار این میوه، آن را در مقابل فساد آسیب‌پذیر می‌سازد. این محصول دارای پوشش نازک و نرم و همچنین گوشت نرم بوده که آن را در مقابل ضربه‌ها و فشار آسیب‌پذیر ساخته و موجب فساد^۱ میوه می‌شود (۷). توت‌فرنگی در اثر از دست دادن آب به سرعت پلاسیده شده و از نظر ظاهری، ضمن از دست دادن طراوت و شادابی، دچار فساد می‌شود. یکی از دلایل فسادپذیری زیاد در این محصول، سرعت تنفس بالای آن است و از سوی دیگر از مهمترین عوامل تأثیرگذار روی تنفس میوه دما و ترکیب اتمسفری می‌باشد (۱۲ و ۱۹). بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته که برای طولانی کردن عمر پس از برداشت محصولات تازه و یا فرآوری شده استفاده می‌شود. در این روش نگهداری، پس از قرار دادن محصول در پوشش مناسب هوای اطراف محصول با ترکیب گازی دیگری جایگزین می‌شود (۱۶). بسته‌بندی MAP به دو روش انفعالی^۲ و فعال^۳ انجام می‌گیرد (۱۰). اتمسفر تعدیل یافته انفعالی در بسته‌ها در اثر فرایند تنفس ایجاد می‌شود. کاهش اکسیژن و افزایش

1 - Decay

2 - Passive Modified Atmosphere

3 - Active Modified Atmosphere

از وکیوم هنکلمن^۱ ۲۰۰A ساخت کشور هلند، تحت اتمسفر اصلاح شده دو درصد اکسیژن + ۱۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۸۳ درصد نیتروژن بسته‌بندی شدند. بسته‌هایی که حاوی ترکیب گازی که هوا بودند تنها با دستگاه دوخت حرارتی دوخته شدند.

سپس بسته‌های حاوی توت‌فرنگی، در داخل سردخانه $2^{\circ}\text{C} \pm 0$ قرار گرفتند. رطوبت نسبی سردخانه در حد ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شد. برای آزمایش یک شاهد فاقد بسته‌بندی با سه تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری پنج روز یک بار در یک دوره ۲۰ روزه انجام گرفت و برای ایجاد شرایط مشابه در خرده‌فروشی‌ها بسته‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط طبیعی (دمای 25°C و رطوبت ۷۰ درصد) قرار گرفته و سپس در آزمایشگاه از نظر صفات کیفی و کمی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند.

تعیین میزان درصد کاهش وزن: میوه‌ها قبل از بسته‌بندی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و ۲۴ ساعت پس از خروج از سردخانه دوباره وزن شدند و درصد کاهش وزن محاسبه گردید. نمونه‌های روز صفر نیز فقط ۲۴ ساعت در شرایط طبیعی قرار گرفتند و سپس وزن شدند.

رنگ ظاهری میوه و کاسبرگ: با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا کونیکا^۲ مدل CR ۴۰۰ ساخت کشور ژاپن، رنگ ظاهری میوه اندازه‌گیری شد. پنج میوه به تصادف از هر تیمار انتخاب شد و

موفقیت‌آمیزی باعث افزایش عمر انبارمانی توت‌فرنگی از طریق جلوگیری از نرم شدن، کاهش فساد میوه، سرعت تنفس و تولید اتیلن شده است (۵ و ۱۳). ولی برخی گزارش‌ها هم در مورد اثرات معکوس این استفاده وجود دارد (۶). در این پژوهش سعی شد تا با بسته‌بندی توت‌فرنگی در دو نوع پوشش پلی‌اتیلنی و پلی‌آمیدی به صورت فعال و انفعالی، اثر هر کدام در حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی در طول انبارمانی در انبار سرد بررسی شود.

مواد و روشها

میوه توت‌فرنگی از گلخانه‌ای واقع در منطقه هشتگرد کرج، در شرایط کاملاً رسیده و آماده عرضه به بازار خریداری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس کلیه میوه‌های آسیب دیده و زخمی و فاقد کاسبرگ جدا شدند. میوه‌ها به دو دسته تقسیم شدند. نیمی از آنها در پوشش‌های پلی‌اتیلنی و نیمی دیگر در پوشش پلی‌آمید با ابعاد 30×20 قرار داده شدند. پوشش‌های پلی‌اتیلنی از نوع وزن مخصوص کم با ضخامت ۶۰ میکرومتر بوده و نفوذپذیری آن نسبت به اکسیژن $(\text{cm}^3\text{mm}/\text{m}^2.\text{day}.\text{atm})$ ۲۰۰-۵۰ و نسبت به بخار آب $(\text{gmm}/\text{m}^2.\text{day})$ ۲-۰/۵ بود. پوشش پلی‌آمید با ضخامت ۸۰ میکرومتر و نفوذپذیری نسبت به اکسیژن $(\text{cm}^3\text{mm}/\text{m}^2.\text{day}.\text{atm})$ ۲/۵ نسبت به بخار آب ضعیف بود. در هر بسته ۲۰۰ گرم میوه قرار داده شد و سپس بسته‌ها با استفاده

1 - Henkelman 200A vacuum machine

2 - Konica Minolta Chromameter

قرائت الکتروود با آب مقطر شسته شده و با کاغذ صافی خشک شد.

اندازه‌گیری ویتامین ث: ویتامین ث یا میزان میلی‌گرم اسکوربیک اسید موجود در ۱۰۰ گرم از آب میوه‌ها، با روش ۲ و ۶- دی‌کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد. مقدار ویتامین ث برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان گردید (۱۷).
اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS): عصاره صاف شده میوه را با استفاده از قطره‌چکان روی منشور دستگاه رفراکتومتر^۱ چکانده و دستگاه را مقابل نور قرائت کرده برحسب درجه بریکس^۲ بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای اصلی تیمار گاز و پوشش در پنج سطح (شاهد، پلی‌آمید- هوا، پلی‌اتیلن- هوا، پلی‌آمید- دی‌اکسیدکربن و پلی‌اتیلن- دی‌اکسیدکربن) و زمان انبارمانی (صفر، پنج، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) روز بودند. داده‌ها پس از نرمال شدن با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج

درصد کاهش وزن: همان‌طورکه در جدول (۱) مقایسه میانگین مشاهده می‌شود، در نمونه‌های بسته‌بندی شده کاهش وزن مشاهده نشده اما در

اندازه‌گیری‌ها در روی میوه و کاسبرگ میوه از دو نقطه مقابل هم انجام گرفت و شاخص‌های درخشندگی (L*)، رنگ a* (قرمز - سبز) برای برآورد رنگ مورد استفاده قرار گرفت.

سفتی بافت میوه: اندازه‌گیری سفتی از طریق حسی و با استفاده از مقیاس ۱-۵ بر روی پنج میوه از هر تیمار انجام شد (۱: سفت، ۲: کمی نرم، ۳: متوسط، ۴: نرم و ۵: خیلی نرم) (۹).

میزان فساد: فساد قارچی از طریق دیداری و در طول دوره آزمایش با استفاده از مقیاس ۱-۵ بر روی ۱۰ میوه از هر تیمار با درجه‌بندی به شرح زیر انجام گرفت (۱: نرمال (دارای ظاهر طبیعی)، ۲: پوسیدگی خیلی ناچیز (تا پنج درصد از سطح میوه تحت تأثیر واقع شده است)، ۳: پوسیدگی ناچیز (۲۰-۵ درصد سطح میوه تحت تأثیر واقع شده است)، ۴: پوسیدگی متوسط (۵۰-۲۰ درصد سطح میوه تحت تأثیر واقع شده است) و ۵: پوسیدگی شدید (>۵۰ درصد از سطح میوه تحت تأثیر واقع شده است)) (۲۲).

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه استخراج شده با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۱ تیتر شد. سپس نتایج برحسب درصد اسیدسیتریک بیان شد (۱۱).

اندازه‌گیری pH عصاره میوه: ابتدا pH متر با محلول‌های بافر چهار و هفت تنظیم گردیده، عصاره میوه را در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکتروودها در محلول، pH قرائت شد. پس از هر

^۱ - Refractometer

^۲ - Brix

شاهد به مرور زمان میزان کاهش وزن در روز بیستم به ۳۰ درصد هم رسیده است. همچنین درصد کاهش وزن کلیه تیمارهای بسته‌بندی شده (حدوداً دو درصد) به میزان قابل توجهی کمتر از شاهد (۱۸ درصد) بوده است (شکل ۱). اما تفاوت معنی‌داری در میزان کاهش وزن بین بسته‌ها با پوشش پلی‌اتیلن یا پلی‌آمید و همچنین بسته‌های پر شده با هوا یا دی‌اکسیدکربن مشاهده نشد.

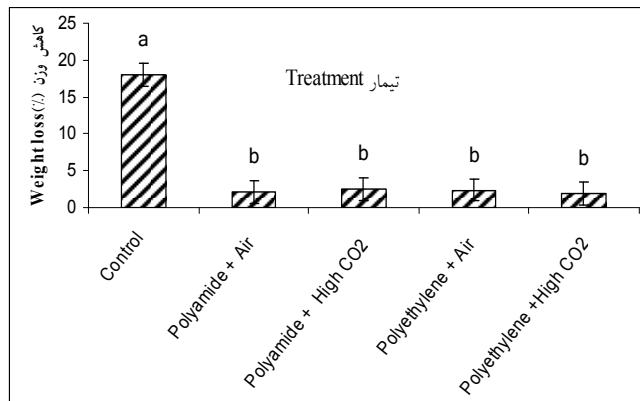
جدول ۱ - مقایسه میانگین اثرات دو نوع پوشش و ترکیب گازی متفاوت بر خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی در طی انبارمانی

Table 1 - Comparison of means of two different polymeric films and gas combinations on strawberry quality during storage life

میزان فساد سطحی (Decay)	سفتی بافت (Fruit firmness)	کاهش وزن % Weight loss	رنگ سبز کاسبرگ Sepal (a*)	رنگ قرمز میوه Fruit (a*)	زمان انبارمانی Storage Time	تیمار Treatment
1.00 ± 0 c	1.00 ± 0 m	2.99 ± 0.08 e	-11.13 ± 0.72 i	27.19 ± 0.50 cdef	0	شاهد (Control)
1.22 ± 0.11 c	1.53 ± 0.06 i	12.96 ± 1.93 d	-6.57 ± 0.80 h	27.07 ± 1.83 cdef	5	
2.45 ± 0.22 b	2.67 ± 0.24 cd	19.48 ± 0.80 c	-4.83 ± 1.09 gh	28.12 ± 1.73 bcdef	10	
2.79 ± 0.15 a	3.60 ± 0.11 b	23.98 ± 1.14 b	-2.63 ± 1.17 fg	30.44 ± 2.18 bc	15	
2.39 ± 0.18 b	3.87 ± 0.17 b	30.91 ± 3.05 a	-2.41 ± 0.49 fg	35.44 ± 0.31 a	20	
1.00 ± 0 c	1.40 ± 0 i	2.99 ± 0.08 e	-11.13 ± 0.72 i	26.26 ± 0.48 def	0	پلی آمید + هوا Poly amide + Air
1.00 ± 0 c	2.00 ± 0.11 fg	1.54 ± 0.34 e	-7.26 ± 0.23 f	26.63 ± 0.41 def	5	
1.00 ± 0 c	2.40 ± 0.11 de	1.77 ± 0.40 e	-7.3 ± 1.99 h	29.15 ± 0.50 bcde	10	
1.00 ± 0 c	3.67 ± 0.17 b	1.44 ± 0.33 e	-5.69 ± 0.83 h	28.07 ± 0.12 bcdef	15	
1.00 ± 0 c	4.47 ± 0.06 a	1.25 ± 0.72 e	-6.34 ± 0.50 h	33.35 ± 0.31 bc	20	
1.00 ± 0 c	1.33 ± 0.06 m	2.99 ± 0.08 e	-11.13 ± 0.72 i	26.64 ± 0.53 def	0	پلی آمید + گاز CO ₂ Poly amide + CO ₂
1.00 ± 0 c	1.67 ± 0.06 i	1.50 ± 0.08 e	2.27 ± 0.85 cde	27.70 ± 0.77 cdef	5	
1.00 ± 0 c	1.93 ± 0.13 fg	1.89 ± 0.13 e	4.83 ± 1.64 bc	27.18 ± 0.69 cdef	10	
1.00 ± 0 c	2.93 ± 0.06 c	2.37 ± 0.23 e	7.01 ± 0.70 ab	28.40 ± 0.31 bcdef	15	
1.00 ± 0 c	3.80 ± 0.2 b	3.70 ± 1.00 e	7.77 ± 0.62 a	28.56 ± 0.12 bcdef	20	
1.00 ± 0 c	1.07 ± 0.06 lm	2.99 ± 0.08 e	-11.13 ± 0.72 i	27.70 ± 1.13 cdef	0	پلی اتیلن + هوا Poly ethylene + Air
1.00 ± 0 c	1.40 ± 0.11 i	1.81 ± 0.29 e	-7.63 ± 0.75 h	29.61 ± 1.13 bcd	5	
1.04 ± 0.03 c	1.40 ± 0.11 i	2.57 ± 0.10 e	-6.24 ± 1.54 h	27.80 ± 0.92 cdef	10	
1.30 ± 0.29 c	2.13 ± 0.17 ef	2.05 ± 0.47 e	-5.98 ± 0.49 h	31.43 ± 0.42 b	15	
1.11 ± 0.11 c	2.73 ± 0.06 cd	2.45 ± 0.19 e	-0.33 ± 0.34 ef	35.44 ± 0.31 a	20	
1.00 ± 0 c	1.26 ± 0.13 m	2.99 ± 0.08 e	-11.13 ± 0.72 i	27.37 ± 0.38 cdef	0	پلی اتیلن + گاز CO ₂ Poly ethylene + CO ₂
1.00 ± 0 c	1.33 ± 0.06 m	1.62 ± 0.13 e	0.46 ± 1.05 de	26.32 ± 0.36 def	5	
1.00 ± 0 c	1.73 ± 0.13 ghi	1.37 ± 0.35 e	3.04 ± 0.8 cd	27.53 ± 0.92 cdef	10	
1.00 ± 0 c	1.73 ± 0.06 i	2.13 ± 0.17 e	4.76 ± 0.62 bc	28.68 ± 2.07 bcdef	15	
1.11 ± 0.11 c	1.87 ± 0.06 fg	1.79 ± 0.29 e	3.76 ± 0.70 c	28.85 ± 2.17 bcdef	20	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at 5% using Duncan Multiple Range Tests (DMRT).

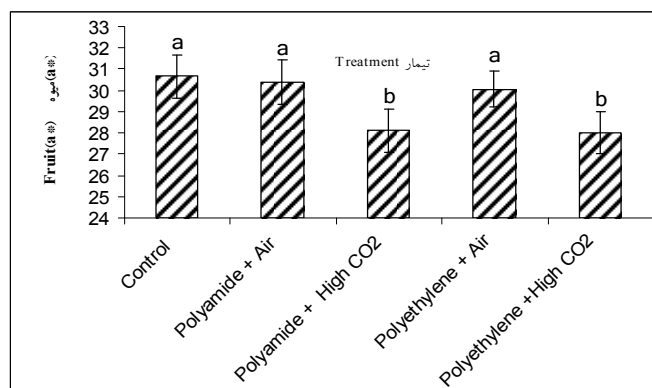


شکل ۱ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین کاهش وزن میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 1 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry fruit weight loss during storage

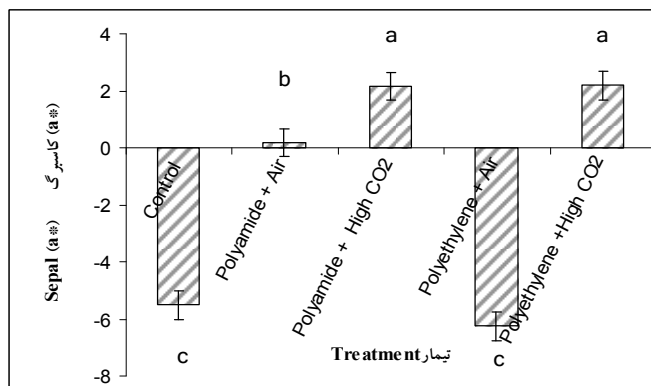
حاوی هوا نیز روند مشابهی دیده می‌شود، در بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن بالا صرف‌نظر از نوع پوشش شاخص (a*) از روز صفر تا روز ۲۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد و یا به عبارتی سنتز آنتوسیانین متوقف شده است (شکل ۲). در میوه‌های بسته‌بندی شده با گاز دی‌اکسیدکربن بالا به مرور زمان رنگ سبز کاسبرگ کاهش یافته و قهوه‌ای شده‌اند (شکل ۳).

رنگ ظاهری میوه: شاخص درخشندگی (L*) میوه توت‌فرنگی فقط با گذشت زمان در کلیه تیمارها ارتباط داشته و کاهش یافته است و هیچ تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای مختلف مشاهده نشد. شاخص (L*) یا رنگ قرمز میوه در میوه شاهد از (۲۷/۱۹) در روز صفر به (۳۵/۹۶) در روز ۲۰ رسیده است و این به این معناست که سنتز آنتوسیانین در میوه ادامه داشته است و همچنین در بسته‌هایی که با پوشش پلی‌اتیلنی و پلی‌آمیدی



شکل ۲ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین رنگ قرمز میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 2 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry fruit (a*) during storage

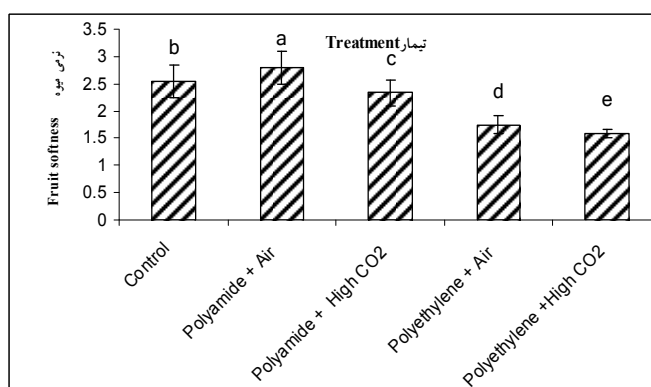


شکل ۳ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین رنگ سبز کاسبرگ توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 3 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry sepal (a*) during storage

دی‌اکسیدکربن نسبت به سایر تیمارها و همچنین شاهد سفتی میوه‌ها به خوبی حفظ شده است، اما میوه‌های موجود در بسته‌های پلی‌آمید نرم‌تر از میوه‌های موجود در بسته‌های پلی‌اتیلنی بودند (شکل ۴).

میزان نرم شدن میوه: در جدول (۱) مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که در کلیه تیمارها به مرور میوه نرم‌تر می‌شود و میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی‌آمید و میوه‌های شاهد در روز بیستم بیشترین میزان نرم‌شدگی را داشتند. در تیمار بسته‌های پلی‌اتیلنی پر شده با گاز

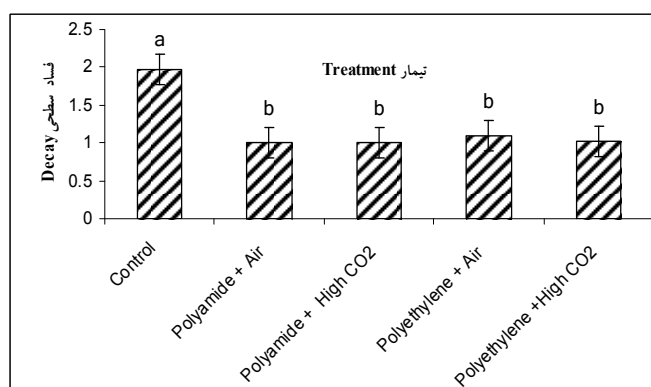


شکل ۴ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین نرم شدن میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 4 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry softness during storage

سطحی از زمان شروع تا پایان انبارمانی تفاوتی معنی دار ندارد. در شکل (۵) نیز مشاهده می شود که تفاوتی در میزان پوسیدگی بین بسته ها با پوشش پلی اتیلن یا پلی آمید و همچنین بسته های پر شده با هوا یا دی اکسید کربن مشاهده نشد.

میزان فساد: در جدول (۱) مقایسه میانگین مشاهده می شود که میزان فساد با گذشت زمان انبارمانی در میوه های شاهد به مرور از شروع (۱) به (۲/۳۹) در روز پایانی انبارمانی رسیده و بر میزان فساد سطحی میوه توت فرنگی افزوده شده است، اما در میوه های بسته بندی شده میزان فساد

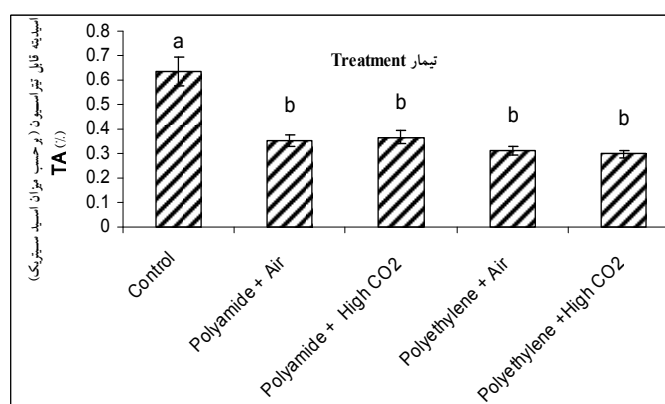


شکل ۵ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین میزان فساد میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 5 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry fruit decay during storage

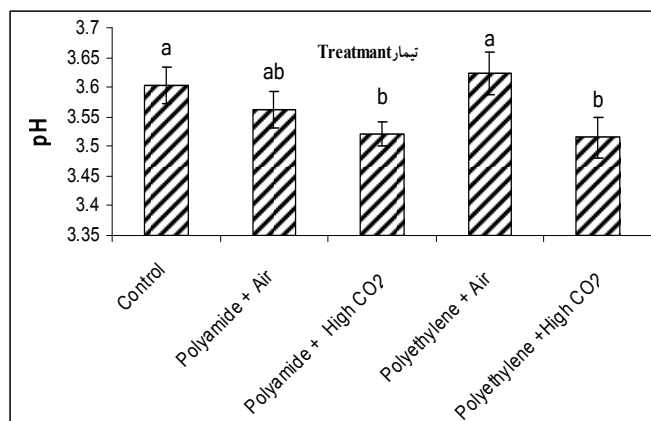
میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و میزان pH میوه: میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در کلیه تیمارها کمتر از شاهد بوده است (شکل ۶). با مقایسه pH بسته های حاوی گاز دی اکسید کربن با کمترین

میزان pH (۳/۵۲) و شاهد با بیشترین مقدار pH (۳/۶) مشاهده می شود که تنها تفاوتی جزئی میان pH تیمارها وجود دارد (شکل ۷).



شکل ۶ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین اسیدیته میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 6 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry TA during storage



شکل ۷ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین pH میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 7 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry pH during storage

دوره کوتاه انبارمانی نگذاشته است (۱۲). رنگ ظاهری میوه و کاسبرگ: نتیجه این پژوهش با سایر پژوهش‌های قبلی مطابقت دارد. جیل و همکاران در سال ۱۹۹۷ بیان کردند که میوه‌ها به دلیل فرایند رسیدن در انبار تیره‌تر شده و میزان دی-اکسیدکربن متوسط حدود پنج درصد اثر کمی روی رنگ خارجی میوه دارد و تنها میزان دی‌اکسیدکربن بسیار بالا روی رنگ میوه اثر می‌گذارند (۵). میزان دی‌اکسیدکربن بالا حدود ۱۵ درصد باعث کاهش تنفس و ادامه فرایند رسیدن و به تعویق افتادن توسعه رنگ به دلیل جلوگیری از فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لیاز^۱ می‌شود (۵). رنگ سبز کاسبرگ در بازارپسندی میوه توت‌فرنگی و پذیرش ظاهری توسط مصرف‌کننده اهمیت زیادی دارد در میوه‌های بسته‌بندی شده با گاز دی‌اکسیدکربن بالا به مرور زمان رنگ سبز کاسبرگ کاهش یافته و قهوه‌ای شده‌اند به نظر می‌رسد کاهش تنفس باعث تجزیه کلروفیل شده است.

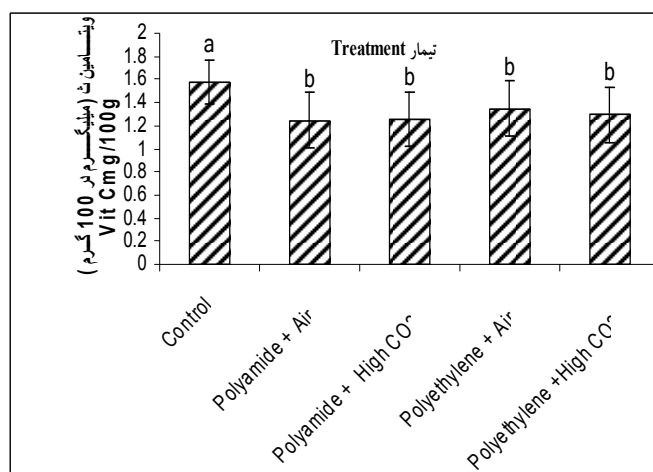
میزان ویتامین ث: میزان ویتامین ث در میوه‌های بسته‌بندی شده صرف‌نظر از نوع گاز داخل بسته کمتر از میوه‌های شاهد بوده است (شکل ۸). مواد جامد محلول: میزان مواد جامد محلول در بسته‌های با پوشش پلی‌آمید صرف‌نظر از گاز موجود در بسته بیشتر از میزان مواد جامد محلول بسته‌های پلی‌اتیلنی و شاهد بوده است (شکل ۹).

بحث

درصد کاهش وزن

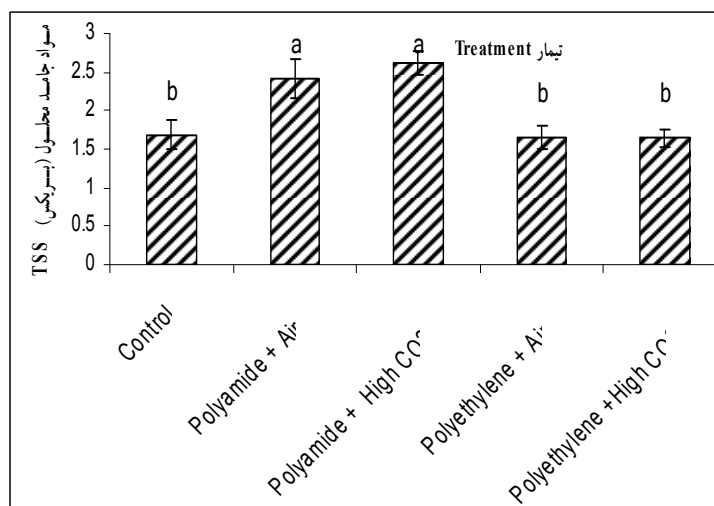
در MAP پوشش احاطه‌کننده محصول سهم قابل توجهی در جلوگیری از تبخیر و تعرق از سطح محصول دارد. چرا که پوشش اطراف محصول باعث ایجاد فضایی اشباع از رطوبت در اطراف محصول شده است. از طرف دیگر، از جریان هوای اطراف محصول که خود می‌تواند باعث افزایش تبخیر شود نیز جلوگیری می‌کند و به این ترتیب باعث جلوگیری از تبخیر و تعرق می‌شود، اما به نظر می‌رسد تفاوت در میزان نفوذپذیری بسته‌ها نسبت به بخار آب تأثیر چندانی در میزان کاهش وزن نمونه‌ها با توجه به

1 - Phenylalanine ammonia lyase (PAL)



نمودار ۸ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین ویتامین C میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 8 . Effects of different polymeric films and gas combinations on mean strawberry vitamin C during storage



نمودار ۹ - اثرات پوشش و گاز متفاوت روی میانگین مواد جامد محلول میوه توت فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 9 . Effects of different polymeric films and gas combinations on man strawberry TSS during storage

دی‌اکسیدکربن که باعث کاهش فعالیت قارچ‌ها و همچنین افزایش سفتی میوه می‌شود استفاده کرد (۴ و ۲۱). طبق نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر، تنها وجود پوشش در اطراف محصول است که باعث کاهش فساد شده است و جنس پوشش و نوع ترکیب گازی اثر معنی‌داری در کاهش فساد ندارند.

میزان اسیدیته قابل تیتراسیون: میوه‌ها و سبزی‌های تازه حتی پس از برداشت به تنفس خود ادامه می‌دهند. فرایند تنفس شامل ترکیب اکسیژن موجود در هوا با ملکول‌های آلی (معمولاً قندها) در بافت می‌باشد و در طی فرایند تنفس اسیدهای آلی به قند تبدیل می‌شوند (۱۰). چنین به نظر می‌رسد که در تیمارهای بسته‌بندی شده اسیدهای آلی به یک میزان به قند تبدیل شده‌اند و کلیه تیمارهای بسته‌بندی شده نسبت به شاهد میزان اسید آلی کمتری داشتند که این با نتایج هولکرافت و کیدر (۱۹۹۹) و باتو و همکاران (۱۹۹۵) در مورد توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده در هوا و اتمسفری با دی‌اکسیدکربن بالا تطابق دارد (۲ و ۸).

میزان pH میوه: در پژوهش حاضر، به دلیل اختلاف جزئی pH می‌توان گفت که نوع پوشش و گاز درون بسته در pH بی‌تأثیر می‌باشند. برخی محققین اظهار می‌کنند در اثر تولید اسیدکربونیک در بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن افزایش یافته، pH کاهش می‌یابد و عده‌ای دیگر معتقدند افزایش دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش pH می‌شود و یا هیچ تأثیری روی pH ندارد (۵) و (۱۵). لی و کیدر (۱۹۸۹) تغییری در میزان pH و

سفتی بافت میوه: اسمیت و اسکوک (۱۹۹۲) بیان کردند که توت‌فرنگی‌هایی که در میزان ۱۵ درصد دی‌اکسیدکربن انبار می‌شوند پس از دو روز سفت‌تر از توت‌فرنگی‌های انبار شده در هوا می‌باشند (۱۸). همچنین مطالعات نشان داده‌اند که دی‌اکسیدکربن بالا باعث افزایش سفتی میوه می‌شود (۱۵). در طول فرایند رسیدن آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز و پکتین استراز باعث دمتیلاسیون اسیدگالاکتورونیک در پکتین‌های دیواره سلولی شده و در نتیجه یون کلسیم موجود در زنجیره‌های پلیمری دیواره سلولی آزاد شده و در نتیجه نرم شدن دیواره سلول‌ها، نرم شدن میوه اتفاق می‌افتد. توت‌فرنگی‌ها تنها مقدار کمی آنزیم پلی‌گالاکتوروناز دارند و مهمترین آنزیم‌ها در نرم شدن توت‌فرنگی پکتین‌متیل‌استراز و سلولاز می‌باشند (۷). میوه‌ها در بسته‌های پلی‌آمید در انتهای آزمایش دارای ظاهر آبکی و بافتی بسیار نرم بودند، نفوذپذیری کمتر این بسته‌ها نسبت به بخار آب باعث کندانسه شدن و باقی ماندن بخار آب روی میوه شده و در ادامه دیده شد که میوه‌ها در حوضچه آب شناور شدند به نظر می‌رسد این محیط می‌تواند شرایط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها باشد که در نتیجه ادامه آن منجر به نرم‌تر شدن میوه‌ها شود.

میزان فساد: بسته‌بندی باعث ایزوله کردن محصول از محیط خارجی شده و به حفظ محصول در شرایط غیراستریل کمک نموده تماس محصول را با پاتوژن‌ها و آلوده‌کننده‌ها کاهش می‌دهد (۱۲). علی‌رغم اینکه بیان شده در توت‌فرنگی و بلوبری و برخی دیگر از میوه‌ها می‌توان از مزایای افزایش

کاهش کیفیت توت‌فرنگی به دلیل ایجاد پوسیدگی‌های قارچی، با از دست رفتن آب، نرمی و ضربه دیدن میوه در طول فرایند جابجایی و حمل و نقل همراه می‌شود، ممکن است باعث از بین رفتن بیش از ۴۰ درصد میوه پیش از رسیدن به دست مصرف‌کننده شود (۹). بر طبق پژوهش حاضر، بسته‌بندی توت‌فرنگی با پوشش پلی‌اتیلن نقش به‌سزایی در کاهش فساد و کاهش وزن محصول یعنی دو عامل عمده ضایعات توت‌فرنگی ایفا کرده و افزایش دی‌اکسیدکربن در بسته‌ها تأثیر چشم‌گیری در جلوگیری از ضایعات نداشته است و بسته‌بندی این میوه به روش انفعالی به عنوان روشی مقرون به صرفه و ایمن در بازارسانی محصولی با کیفیت پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران قدردانی می‌گردد.

یا TA در توت‌فرنگی 'Selva' در انبار با اتمسفر کنترل شده نیافتند (۱۳).

میزان ویتامین ث

کاربرد دی‌اکسیدکربن و یا تجمع آن باعث کاهش ویتامین ث در توت‌فرنگی و سایر بری‌ها می‌شود (۱). اثر افزایش دی‌اکسیدکربن روی اسید اسکوربیک متفاوت بوده و بسته به نوع محصول، میزان دی‌اکسیدکربن و طول مدت انبارمانی می‌باشد، زمانی‌که افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن هم‌زمان ایجاد می‌شوند نتایج متنوعی به دست می‌آید (۲۰).

مواد جامد محلول

چنین به نظر می‌رسد که در پوشش‌هایی با نفوذپذیری کمتر نسبت به اکسیژن (پلی‌امید) میزان تنفس کمتر از پوشش‌های نفوذپذیرتر (پلی‌اتیلن) بوده و بنابراین پوشش‌های نفوذناپذیر به حفظ قند میوه (که به عنوان پیش‌ماده تنفسی در طی فرایند انبارمانی مصرف می‌شود) کمک کرده است.

References

1. Agar IT, Streif J and Bangerth F (1997) Effect of high CO₂ and controlled atmosphere on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology and Technology* 11: 47-55.
2. Batu A and Thompson AK (1995) Effect of controlled atmosphere storage on the extension of postharvest qualities and storage life of tomatoes. *Workshop of the Belgium Institute for Automatic Control, Ostend. June 1995. Pp. 263-268.*
3. Behnamian M and Masiha S (2005) *Strawberry. 2nd Ed. Sotodeh publication, Tabriz, Iran.*
4. Farber JN, Harris LJ and Parish ME (2003) *Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh cut produce. Food Science and Food Safety 2: 142-160.*

- 5 . Gil MI, Holcroft DM and Kader AA (1997) Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 1662-1667.
- 6 . Goldstein L, Mahony MO and Kader AA (1991) Effect of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmosphere on quality attributes of strawberries. *Food Science* 56: 50-54.
- 7 . Hancock JF (1999) *Strawberries*. 1st Ed. CABI Publication, New York, 237 p.
- 8 . Holcroft DM and Kader AA (1999) Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect colour of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 17: 19-32.
- 9 . Jiang Y, Joyce DC and Terry LA (2001) 1-methylcyclo-propene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology* 23: 227-232.
- 10 . Kader AA (2002) *Postharvest Technology of Horticultural Products*. 3rd Ed. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311. California: 135-144 pp.
- 11 . Lara I, Garcia X and Vendrell M (2006) Post-harvest heat treatments modifies cell wall composition of strawberry (*Fragaria × ananassa* Dach.) fruit. *Scientia Horticulture* 109: 48-53.
- 12 . Lee L, Arul J, Levcki R and Castagine F (1995) A review of modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruit and vegetables: physiological basis and practical aspects-part 1. *Packaging Technology and Science* 8: 315-31
- 13 . Li C and Kader AA (1989) Residual effects of controlled atmosphere on postharvest physiology and quality of strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 405-407.
- 14 . Mitcham EJ (2004) Strawberry, In: Gross KC, Wang CY, Saltveit M (Eds.), *the Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops*. Agricultural Research Service, Beltsville Area. USA.
- 15 . Roger Harker F, Elgar HJ, Watkins CB and Jacksons PJ and Hallet IC (2000) Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biology and Technology* 19: 139-146.
- 16 . Sandhya (2010) Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 43: 381-392.
- 17 . Sharma KD, Dhankhar OP, Kaushik RA and Saini RS (2001) *Laboratory manual of analytical techniques in horticulture*. 1st Ed. Agrobios publication. 136 p.
- 18 . Smith RB and Skog LJ (1992) Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. *HortScience* 27: 420-421

- 19 . Vander-Steen C, Jacxens L and Deberere J (2002) Combining high oxygen atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. *Postharvest Biology and Technology* 26: 49-58.
- 20 . Weichmann J (1986) The effect of controlled-atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables. *Horticultural Review* 8: 101-127.
- 21 . Zagory D (1998) An update on modified atmosphere packaging of fresh produce. *Packaging International*. 117 p.
- 22 . Zheng Y, Wang SY, Wang CY and Zheng W (2005) Changes in strawberry phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity in response to high oxygen treatment. *Journal of the Swiss Society for Food Science and Technology* 40: 1-9.

The effect of high CO₂ Modified Atmosphere Packaging (MAP) on storage properties of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Selva)

M. Maghoumi ^{*}, Y. Mostoufi ^{**}, A. R. Talaie ^{***}, M. Dehestani ^{****} and A. Asghari ^{*****}

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of high CO₂ Modified Atmosphere Packaging (MAP) on storage quality of 'Selva' strawberry fruits. The statistical analysis carried out using factorial experiment by Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Treatments included cover in two levels (polyethylene and polyamide) and two different gas compositions (2% O₂ + 15% CO₂ + 83% N₂ and Air). Fruits were stored at 0-2°C and 85-90% relative humidity (RH) for up to 20 days with the five days intervals, followed by 24h at 25°C and 70% (RH) to simulate market conditions. The results showed that MAP is more effective to prevent weight loss and decay incidence whereas decreased vitamin C content. High CO₂ inside the packages had led to inhibited red color development (a* value) of fruit and caused sepal necrosis. By the application of MAP with high level CO₂ using polyethylene film, fruit firmness had not showed decrease whilst TSS in polyamide film was maximum compared to controls and other treatments.

Key words: Modified Atmosphere Packaging (MAP), Polyethylene film, Polyamide film, High CO₂, strawberry, Storage properties, Quality

^{*} - Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran (E-mail: maghoumi@ut.ac.ir)

^{**} - Associate Professor, Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran

^{***} - Professor, Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran

^{****} - Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran