حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه زغال‌اخته با استفاده از روش بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته

شیدا محبی[۱*]، یونس مستوفی[۲] و ذبیح اله زمانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۲۵)

چکیده

در این پژوهش تأثیر بسته‌بندی با دو نوع پوشش پلیمری (پلی‌اتیلن با دانسیته کم و پلی‌پروپیلن) و سه ترکیب گازی (هوا، ۵% O_2 + ۲۰% CO_2 و ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2) بر خصوصیات کمی و کیفی و عمر انباری میوه‌های زغال‌اخته مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین تعدادی میوه در ظروف بدون درپوش به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میوه‌ها بعد از تیمار در سردخانه در دمای ۱ °C با رطوبت نسبی ۹۵ - ۹۰ درصد به‌مدت ۳۵ روز نگهداری شدند. نمونه‌ها در روز قبل از انباری و در طول دوره نگهداری با فاصله ۷ روز از سردخانه خارج شده و به‌منظور ایجاد حالت مشابه در خرده فروشی‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته و سپس از نظر فاکتورهای مختلف کیفی و کمی نظیر کاهش وزن، رنگ سطحی، آنتوسیانین، کیفیت ظاهری، پوسیدگی، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل و ویتامین ث مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 در پوشش پلی‌اتیلن و هوا در پوشش پلی‌پروپیلن تأثیر معنی‌داری در حفظ pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل نسبت به میوه‌های شاهد داشتند. هم‌چنین میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلن در ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 بهترین اثر را در حفظ مقدار ویتامین ث و شاخص آنتوسیانین نشان داد. در مجموع استفاده از تکنولوژی بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته صرف‌نظر از نوع ترکیب گازی تأثیر معنی‌داری در حفظ خصوصیات کمی و کیفی زغال‌اخته نسبت به میوه‌های فاقد بسته‌بندی داشته است.

واژه‌های کلیدی: زغال‌اخته، پوشش‌های پلیمری، کیفیت، انبارمانی

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکترا، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shmohebbi@ut.ac.ir

مقدمه

مصرف محصولات باغبانی نقش مهمی در حفظ سلامتی و جلوگیری از بیماری‌هایی نظیر: التهاب، بیماری‌های قلبی - عروقی و سرطان دارد (۳۰ و ۳۵). میوه‌ها و سبزی‌ها غنی از ترکیبات فنولی نظیر: آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها، ایزوفلاون‌ها، فلاونول‌ها و کاتکین‌ها هستند. اکثر این ترکیبات دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت بیولوژیکی شامل خاصیت ضد قارچی، آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های ضد سرطانی بوده و توانایی حفاظت از بدن انسان را در برابر واکنش‌های اکسیداسیونی دارد (۲۸).

جنس زغال‌اخته *Cornus* متعلق به خانواده *Cornaceae* و شامل ۶۵ گونه می‌باشد (۶). زغال‌اخته با نام عمومی Cornelian Cherry و نام علمی *Cornus mas* L. دارای ارقامی به‌صورت درخت یا درختچه با ارتفاعی حدود ۸-۴ متر می‌باشد (۲۵). این میوه غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ترکیبات فلاونوئیدی و ویتامین ث است (۲۱). گزارش‌های گوناگونی در خصوص استفاده از میوه و بخش‌های مختلف این گیاه در طب سنتی و به‌عنوان نگهدارنده مواد غذایی وجود دارد (۲، ۲۵ و ۳۳). منطقه رویشی زغال‌اخته در ایران، جنگل‌های ارسباران است (۲۵). مناطق قزوین و رودبار به‌ویژه در حاشیه البرز، بیشترین تولید کننده و صادرکنندگان زغال‌اخته کشور محسوب می‌شوند (۱). این میوه در تابستان، عرضه و معمولاً به‌صورت تازه مصرف می‌شود، ولی به‌صورت خشک، مربا، کنسرو، ترشی، آب میوه، سس، نکتار، ژله، مارمالاد، سرکه، لواشک و هم‌چنین برای مصارف داروئی نیز به‌ویژه در شمال غرب ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محصولات میوه‌ای و سبزی‌های تازه در طول دوره پس از برداشت به‌دلیل افزایش سرعت تنفس و حساسیت نسبت به ارگانیسم‌های بیماری‌زا، در شرایط طبیعی عمر قفسه‌ای محدودی دارند (۸). نخستین راه برای حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات تازه، کنترل دقیق دما می‌باشد. علاوه بر آن تغییر اتمسفر اطراف محصول باعث بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری محصول می‌شود (۹). اتمسفر تعدیل شده مناسب (Modified Atmosphere Packaging)، در بسته‌های تشکیل شده از پوشش‌های پلیمری به دو صورت غیرفعال و فعال در درون بسته ایجاد می‌گردد. بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته غیر فعال، به‌واسطه تنفس محصول داخل بسته ایجاد می‌شود. در این روش اگر ویژگی‌های نفوذپذیری پوشش و تنفس محصول با هم مطابقت داشته باشد یک اتمسفر مناسب به‌صورت غیرفعال در نتیجه مصرف O_2 و تولید CO_2 در اثر فرایند طبیعی تنفس در بسته ایجاد می‌شود (۳۱). در روش فعال ترکیب گازی مطلوب قبل از دربندی، در اتمسفر داخل بسته ایجاد می‌شود. در روش فعال ممکن است در ابتدا با ایجاد خلأ، هوای معمولی داخل بسته تخلیه و ترکیب گازی مد نظر جایگزین شود. در صنعت بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته معمولاً غلظت O_2 به‌منظور توقف و کاهش رشد میکروارگانیسم‌های هوازی و فرایند اکسیداسیونی تنفس کاهش می‌یابد و از سوی دیگر CO_2 افزایش می‌یابد که غلظت افزایش یافته CO_2 تنها تا زمانی که در حد آستانه تحمل محصول حفظ شود مفید خواهد بود (۹).

استفاده از سطوح بالای اکسیژن اولین بار در سال ۱۹۹۶ توسط دی (۴) به‌عنوان یک روش مناسب برای جایگزینی کاهش غلظت اکسیژن در روش‌های متداول بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته محصولات میوه‌ای و سبزی‌ها پیشنهاد شد. طبق اظهارات این محقق و سایر محققین سطوح بالای O_2 در جلوگیری از تغییر رنگ آنزیمی، واکنش‌های بی‌هوازی تخمیر، رشد عوامل میکروبی هوازی و بی‌هوازی و حفظ عطر و طعم محصول انبار شده بسیار مؤثر است (۴ و ۱۰).

در این آزمایش، با توجه به ارزش غذایی بالای زغال‌اخته و هم‌چنین فساد پذیری و عمر انباری کوتاه آن، به‌منظور کاهش ضایعات و طولانی کردن عمر انبارمانی محصول و کنترل تنفس، بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته به‌عنوان روشی جهت نگهداری و حفظ کیفیت این میوه مورد توجه قرار گرفته است.

هم‌چنین بررسی منابع نشان می‌دهد در خصوص رفتار پس از برداشت و تکنیک‌های مناسب نگهداری زغال‌اخته اطلاعات

چندانی در دست نیست.

مواد و روش‌ها

میوه‌های زغال‌اخته مورد استفاده در این پژوهش در مرحله بلوغ تجاری (بر اساس تغییر رنگ میوه از سبز به قرمز) در تابستان سال ۱۳۹۰ از بخش کوهین قزوین برداشت شده و بلافاصله به گروه علوم باغبانی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد. میوه‌ها بر اساس یکنواختی در اندازه، رنگ، درجه رسیدگی و عاری بودن از بیماری درجه‌بندی شده و حدود ۲۰۰ گرم از میوه در داخل پوشش‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن قرار داده شدند. پس از قرار دادن میوه‌ها در هر پوشش، بسته‌ها با استفاده از دستگاه بسته‌بندی وکیوم (مدل A ۲۰۰ ساخت شرکت هنکلمن هلند) با سه ترکیب گازی مختلف (۷۵% N_2 + ۵% O_2 + ۲۰% CO، ۲۰% N_2 + ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 و هوا) و سپس سر پوشش‌های پلاستیکی توسط خود دستگاه به‌طور اتوماتیک بسته شد. هم‌چنین تعدادی میوه در ظروف یکبار مصرف بدون در پوش به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میوه‌های بسته‌بندی شده همراه با میوه‌های شاهد در سردخانه ۱ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۹۵ - ۹۰% به‌مدت ۳۵ روز نگهداری شدند. میوه‌های موجود در هر تیمار در هر مرحله از نمونه‌برداری با فاصله ۷ روز یکبار از سردخانه خارج شده و برای ایجاد حالت مشابه با خرده فروشی‌ها، نمونه‌ها - بدون باز کردن بسته- به مدت ۲۴ ساعت در شرایط طبیعی (دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۷۰%) قرار گرفته و سپس در آزمایشگاه از نظر صفات کمی و کیفی زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

رنگ ظاهری میوه و اندازه‌گیری شاخص آنتوسیانین: رنگ ظاهری میوه با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا (مدل CR ۴۰۰) بررسی گردید. از هر تیمار ۱۰ میوه به تصادف انتخاب گردید و قرائت‌ها از دو نقطه مقابل هم در روی میوه انجام شد و شاخص‌های L^*، a^* و b^* اندازه‌گیری شده و هیو (Hue) محاسبه گردید (۷). جهت اندازه‌گیری میزان جذب آنتوسیانین، پنج گرم از گوشت میوه همراه با پوست در ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتانول همگن شده و عصاره توسط دستگاه سانتریفوژ صاف گردید. سپس میزان جذب عصاره توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۰ نانومتر قرائت گردید (۲۹). میزان جذب عصاره به‌عنوان شاخص غلظت آنتوسیانین بیان شد.

$h^\circ = \tan^{-1} b^*/ a^*$

شاخص‌های درخشندگی (L^*)، رنگ a^* (قرمز- سبز) و b^* (زرد - آبی) اندازه‌گیری شده و هیو محاسبه شد.

تعیین میزان درصد کاهش وزن: وزن هر بسته با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش (قبل از انبارداری) و بلافاصله بعد از خروج از سردخانه دوباره وزن گردیده و درصد کاهش وزن محاسبه گردید (۳۸)

کیفیت ظاهری میوه: کیفیت ظاهری میوه‌ها به‌صورت ظاهری و با استفاده از درجه‌بندی بر روی ۳۰ میوه از هر تیمار به شرح زیر ارزیابی شد (۷).

(۱= غیرقابل قبول، ۲= بد، ۳= قابل قبول، ۴= خوب، ۵= عالی)

پوسیدگی میوه: درصد پوسیدگی میوه بر اساس تعداد میوه‌های دچار بیماری در هر واحد ارزیابی شد.

اندازه‌گیری pH عصاره میوه: pH عصاره میوه با استفاده از یک pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده میوه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH = ۸/۱ - ۸/۲ تیتر شد. سپس نتایج به‌صورت درصد و بر مبنای غالبیت اسید مالیک بیان شد (۵).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS): چند قطره از عصاره میوه با استفاده از قطره چکان روی منشور دستگاه رفرکتومتر مدل RF ۴۰ ریخته و عدد قرائت گردید. عدد

جدول۱. برهمکنش بین زمان و اثرات متقابل پوشش (پلی‌اتیلن با دانسیته کم (PE) و پلی‌پروپیلن (PP)) و ترکیب‌های گازی مختلف بر میزان درخشندگی (L^*)، هیو (Hue) و آنتوسیانین میوه زغال‌اخته طی مدت زمان انبارمانی

		زمان (روز)					
		۰	۷	۱۴	۲۱	۲۸	۳۵
شاخص درخشندگی (L^*) میوه	شاهد	۳۱/ ۷۵^{a}	۳۰/ ۸۶^{a}	۳۰/ ۵۴^{a}	۲۹/ ۸۴^{a}	۲۹/ ۷۲^{a}	۲۹/ ۳۶^{a}
	هوا در PE	-	۳۱/۵۷ ^{a}	۳۰/۷۴ ^{a}	۳۰/۶۲ ^{a}	۳۰/۵۳ ^{a}	۳۰/۳۹ ^{a}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۳۰/۹۳ ^{a}	۳۰/۷۰ ^{a}	۳۰/۲۰ ^{a}	۲۹/۹۳ ^{a}	۲۹/۷۶ ^{a}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۳۱/۵۰ ^{a}	۳۰/۶۶ ^{a}	۳۰/۴۲ ^{a}	۳۰/۵۴ ^{a}	۳۰/۲۳ ^{a}
	هوا در PP	-	۳۱/۶۰ ^{a}	۳۰/۶۰ ^{a}	۳۰/۵۸ ^{a}	۳۰/۶۲ ^{a}	۳۰ ^{a}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۳۱/۱۱ ^{a}	۳۰/۰۷ ^{a}	۳۰/۳۷ ^{a}	۳۰/۱۷ ^{a}	۲۹/۸۱ ^{a}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۳۱/۷۰ ^{a}	۳۱/۲۵ ^{a}	۳۰/۹۵ ^{a}	۳۰/۷۳ ^{a}	۳۰/۶۵ ^{a}
زاویه هیو	شاهد	۲۰/۹۴^{c}	۲۲/۰۶^{abc}	۲۲/۰۸^{abc}	۲۲/۶۰^{ab}	۲۳/۸۵^{abc}	۲۵/۶۰^{a}
	هوا در PE	-	۲۱/۶۴ ^{ab}	۲۲/۳۶ ^{abc}	۲۲/۷۱ ^{ab}	۲۳/۰۶ ^{abc}	۲۵/۱۰ ^{ab}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۲۱/۴۱ ^{ab}	۲۱/۹۶ ^{abc}	۲۲/۳۰ ^{ab}	۲۲/۶۶ ^{abc}	۲۳/۷۳ ^{abc}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۲۰/۷۶ ^{bc}	۲۱/۱۹ ^{abc}	۲۱/۹۱ ^{abc}	۲۱/۱۴ ^{ab}	۲۲/۵۴ ^{abc}
	هوا در PP	-	۲۰/۸۰ ^{bc}	۲۱/۹۰ ^{abc}	۲۲ ^{abc}	۲۲/۲۳ ^{abc}	۲۲/۹۱ ^{abc}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۲۱/۹۸ ^{abc}	۲۲/۰۳ ^{abc}	۲۲/۵۲ ^{abc}	۲۳/۲۳ ^{abc}	۲۴/۷۴ ^{abc}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۲۱/۶۰ ^{ab}	۲۲/۰۲ ^{ab}	۲۲/۶۰ ^{ab}	۲۳/۴۴ ^{ab}	۲۴/۱۷ ^{abc}
شاخص آنتوسیانین (O.D. $_{530}$)	شاهد	۲/۴۲ ^{a}	۲/۲۷ ^{bcde}	۲/۱۰ ^{bcdef}	۱/۶۹ ^{h}	۱/۶۳ ^{h}	۱/۴۰ ^{i}
	هوا در PE	-	۲/۳۶ ^{abcd}	۲/۲۱ ^{abcde}	۲/۱۸ ^{abcde}	۲/۰۶ ^{efg}	۱/۷۷ ^{gh}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۲/۳۶ ^{abcd}	۲/۳۸ ^{ab}	۲/۱۵ ^{abcdef}	۲ ^{efg}	۱/۷۰ ^{h}
	PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۲/۳۷ ^{abcd}	۲/۲۵ ^{abcde}	۲/۲۴ ^{abcde}	۲/۱۵ ^{abcde}	۱/۹۱ ^{efg}
	هوا در PP	-	۲/۳۷ ^{abcd}	۲/۲۸ ^{abcd}	۲/۲۲ ^{abcde}	۲/۱۰ ^{def}	۱/۸۵ ^{gh}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	-	۲/۳۶ ^{abcd}	۲/۰۵ ^{efg}	۲/۲۲ ^{abcde}	۲/۱۱ ^{def}	۱/۸۳ ^{gh}
	PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	-	۲/۳۶ ^{abcd}	۲/۳۷ ^{abc}	۲/۲۰ ^{abcde}	۲/۱۳ ^{bcdef}	۱/۸۰ ^{gh}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف، از نظر آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

حاصل بیانگر مواد جامد محلول است که به‌صورت درجه بریکس بیان می شود.

اندازه‌گیری ویتامین ث: ۵ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده میوه را در یک ارلن ریخته شد، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شده، ۲ میلی‌لیتر نشاسته ۱% به آن افزوده و سپس با محلول ید ۱% نرمال که حاوی ۱۶ گرم یدور پتاسیم در لیتر است، تیتر شد. ظهور رنگ آبی تیره بادوام پایان آزمایش خواهد بود. چون هر لیتر از محلول ید ۱% نرمال معادل ۰/۸۸ میلی‌گرم اسید آسکوربیک اسید است، بنابراین مقدار ویتامین ث در عصاره میوه با استفاده از فرمول زیر بدست می آید (۱۵).

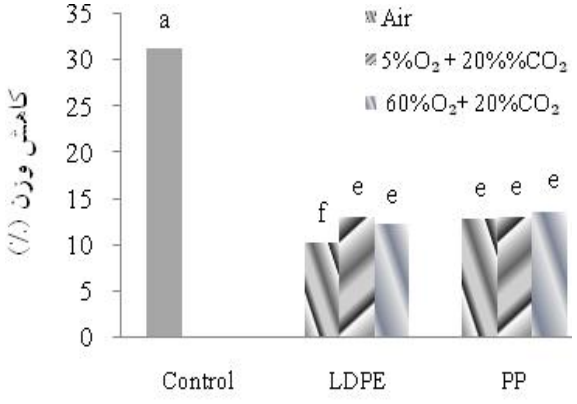
(۰/۵ (۰/۸۸ × مقدار محلول ید مصرفی)) = ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری، مرتب شده و با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

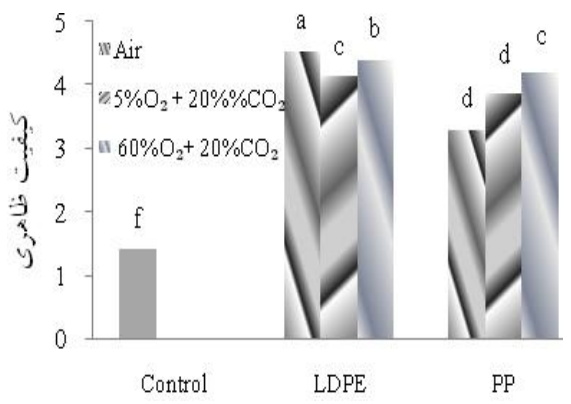
رنگ ظاهری میوه و شاخص آنتوسیانین: شاخص درخشندگی یا (L^*) در طول دوره انبارمانی هم در میوه‌های شاهد و هم در میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش‌های پلیمری (پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن) در ترکیب‌های مختلف گازی (هوا، ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 و ۵% O_2 + ۲۰% CO_2) بدون وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها کاهش یافت (جدول ۱). کاهش درخشندگی یک روند طبیعی در دوره پس از برداشت بسیاری از میوه‌ها محسوب می‌شود (۷). کاهش میزان درخشندگی در طول دوره انبارمانی نشان دهنده تیره شدن رنگ میوه است (۴۰). یکی از عوامل کاهش میزان درخشندگی میوه‌ها کاهش محتوای آنتوسیانین می‌باشد (۲۲). نتایج مشابهی در خصوص کاهش درخشندگی در میوه‌های بلوبری تحت تیمار سطوح بالای اکسیژن (۶۰،۴۰،۲۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوپاسکال) در طول دوره انبارمانی و عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین این تیمارها گزارش شده است (۳۹). در چند پژوهش دیگر نیز گزارش شده است که از نظر میزان درخشندگی در ریز میوه‌های توت فرنگی، بلوبری و بای‌بری چینی بین غلظت‌های بالای اکسیژن و هوا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۲۲، ۳۲، ۳۷ و ۳۳).

میزان زاویه هیو یک روند افزایش را در طی مدت انبارداری در تمام تیمارها به‌ویژه در نمونه‌های شاهد نشان می‌دهد، که با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری تغییرات میزان آنتوسیانین در این آزمایش با کاهش میزان آنتوسیانین در طول مدت انبارمانی با کاهش میزان هیو مواجه هستیم. میزان آنتوسیانین تا پایان دوره انباری کاهش می‌یابد اما این کاهش در میوه‌های بسته‌بندی شده در ترکیب‌های مختلف گازی در مقایسه با میوه‌های شاهد کندتر صورت می‌گیرد به‌طوری‌که میوه‌های شاهد بیشترین میزان کاهش را نشان داد (جدول ۱). نتایج متفاوتی در خصوص تغییرات زاویه هیو و میزان آنتوسیانین توت فرنگی‌های بسته‌بندی شده درشرایط اتمسفر تعدیل یافته گزارش شده است (۲۲ و ۳۷). الگوی متفاوت در تغییر رنگ سطحی میوه‌های مختلف (توت فرنگی، بلوبری و بای‌بری چینی) به‌دلیل تفاوت در غلظت و نسبت ترکیبات فنولی مختلف است (۴۰). فعالیت زیاد آنزیم‌های اکسیداتیو نظیر پلی‌فنول اکسیداز که باعث اکسید شدن فنول‌ها می‌شود منجر به ایجاد تغییرات در رنگ و میزان آنتوسیانین میوه‌های گیلاس می‌شود (۳۴). هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که میزان نفوذپذیری پوشش‌های پلیمری نسبت به O_2، CO_2 و نیز محتوای این گازها در اطراف محصول بسته‌بندی شده مقدار آنتوسیانین، سرعت سنتز و یا تجزیه آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. عامل دیگر در کاهش میزان آنتوسیانین افزایش pH است که باعث تخریب آنتوسیانین می‌شود (۱۳) که با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH در این آزمایش با افزایش pH در طول مدت انبارمانی با کاهش آنتوسیانین مواجه هستیم.



شکل ۱. مقایسه میانگین تیمارهای ترکیب‌های گازی مختلف در پوشش‌های پلیمری بر میزان کاهش وزن میوه‌های زغال‌اخته

(میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)



شکل ۲. مقایسه میانگین تیمارهای ترکیب‌های گازی مختلف در پوشش‌های پلیمری بر کیفیت ظاهری میوه‌های زغال‌اخته

(میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.)

درصد کاهش وزن: وزن میوه‌ها در طول دوره انبارمانی در تمام تیمارها و شاهد کاهش یافت، اما میوه‌های شاهد (بدون پوشش) با افت وزن بیش از ۳۵٪ در مقایسه با میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش‌های پلیمری در ترکیب‌های گازی مختلف بیشترین میزان کاهش وزن را دارا بوده و ترکیب گازی هوا در پوشش پلی‌اتیلن بیشترین ممانعت را در برابر افت وزن به‌عمل آورده است (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که این پوشش با ضخامت بیشتر و نفوذپذیری کمتر در مقابل بخار آب و فراهم آوردن رطوبت بالاتر در فضای اطراف محصول سبب کاهش درصد افت وزن محصول شده است. این نتایج با نتایج رنجبر و همکاران (۲۳) در خصوص تأثیر ترکیب گازی هوا در پوشش پلی‌اتیلن بر فاکتور کاهش وزن مطابقت دارد. اختلاف معنی‌دار بین نوع پوشش‌های پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن به‌میزان نفوذپذیری این پوشش‌ها نسبت به بخارآب، O_2، CO_2 بستگی دارد (۳). هر چه نفوذپذیری بسته نسبت به بخارآب کمتر باشد، درصد کاهش وزن نیز کمتر خواهد بود. (۱۲). به‌طورکلی تبخیر و تعرق و تنفس محصولات در دوره پس از برداشت موجب کاهش وزن شده (۳۱) و به‌علاوه هر چه از مدت انباری محصول بگذرد بر این کاهش وزن افزوده می‌شود. بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته با ممانعت و کاهش میزان تبخیر و تعرق و به‌تبع آن کاهش میزان افت وزن توت فرنگی، منجر به گسترش عمر قفسه‌ای آن می‌شود (۳۲). هر چند نمی‌توان یک ترکیب گازی مشخص را بدون در نظر گرفتن نوع پوشش جهت به حداقل رساندن میزان کاهش وزن محصول پیشنهاد کرد اما با مقایسه با شاهد (بدون پوشش) می‌توان با قاطعیت عنوان کرد که استفاده از پوشش‌های پلیمری صرف‌نظر از نوع ترکیب گازی به‌کار رفته، سبب ممانعت از افت وزن میوه‌های زغال‌اخته طی مدت زمان انبارمانی می‌شود.

کیفیت ظاهری میوه: به مرور زمان در طول دوره نگهداری از کیفیت میوه‌های زغال‌اخته کاسته شده است. بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین تمام تیمارها با شاهد نشان داد که ترکیب گازی $O_2$۶۰%+ CO_2 ۲۰% و هوا با پوشش پلی‌اتیلنی باعث حفظ بهتر کیفیت شده است. اما میوه‌های شاهد با افت شدید کیفیت مواجه هستند به‌طوری‌که میوه‌های شاهد از هفته سوم انباری غیر قابل عرضه و مصرف می‌باشند (شکل ۲). به‌طورکلی با مقایسه با شاهد (بدون پوشش) می‌توان با قاطعیت عنوان کرد که استفاده از پوشش‌های پلیمری صرف‌نظر از نوع ترکیب گازی به‌کار رفته، با ممانعت از افت وزن محصول، حفظ خصوصیات ارگانولپتیکی و بصری، ضمن افزایش عمر انباری

جدول۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل پوشش (پلی‌اتیلن با دانسیته کم (PE) و پلی‌پروپیلن (PP)) و ترکیب‌های گازی مختلف بر درصد کاهش وزن، کیفیت ظاهری، pH، TSS، TA، TSS/ TA و ویتامین ث میوه زغال‌اخته طی مدت زمان انبارمانی

تیمار	کیفیت ظاهری میوه	pH	TA (g/ml as malic acid)	TSS (°Brix)	ویتامین ث (mg/100g)
شاهد	۱/۴ f	۳/۳۴۲ a	۲/۵۵ c	۱۲/۹ b	۶۰/۷۵۵ c
هوا در PE	۴/۵۳ a	۳/۲۸ b	۲/۸۵ c	۱۳/۴ b	۷۷/۴۱۱ b
هوا در PP	۳/۳ d	۳/۲۵ c	۴/۰۴ a	۱۴/۹ a	۹۷/۲۶۳ b
PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	۴/۴ b	۳/۲۳ c	۴/۱۸ a	۱۵/۳۲ a	۱۰۶/۵۴۱ a
PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۶۰	۴/۲ c	۳/۲۸۸ b	۳/۷۱ b	۱۳/۰۴ b	۹۷/۳۸۹ b
PE CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	۴/۱۳ c	۳/۲۷ bc	۳/۷۵ b	۱۳/۵۴ b	۱۰۲/۱۹۱ ab
PP CO_2 %۲۰ + O_2 %۵	۳/۸۶ d	۳/۲۷۴ bc	۳/۵۰ b	۱۳/۴ b	۹۷/۵۰۳ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.
TSS (مواد جامد محلول کل)، TA (درصد اسیدیته قابل تیتراسیون)، TSS/TA (شاخص طعم میوه)

سبب حفظ کیفیت و بازارپسندی زغال‌اخته می‌شود.

میزان پوسیدگی میوه: بررسی تمام تیمارها نشان داد که تا پایان دوره انبارمانی هیچ‌گونه علایمی از پوسیدگی در میوه‌ها مشاهده نشد. طبق اظهارات محققین میوه زغال‌اخته غنی از آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و فنول‌های اسیدی بوده و اکثر این ترکیبات دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت بیولوژیکی شامل خاصیت ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (۱۱ و ۳۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد وجود ترکیبات فوق، در طول مدت نگهداری مانع از رشد قارچ‌ها و عوامل بیماری‌زا شده است.

pH: بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار ترکیب‌های گازی مختلف (هوا، ۵% O_2 + ۲۰% CO_2 و ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2) در دو پوشش پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن با شاهد نشان داد از نظر میزان pH اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، به‌طوری‌که در پایان ۳۵ روز انبارداری افزایش میزان pH از میزان ۳/۰۴ در شروع آزمایش تا ۳/۳۴۲ در میوه‌های شاهد و تا ۳/۲۳ و ۳/۲۵ به‌ترتیب در میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی‌اتیلن و ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 و هوا در پوشش پلی‌پروپیلن به‌عنوان بهترین تیمارها از نظر حفظ pH، افزایش یافت (جدول ۲). این نتایج با نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های رنجبر و همکاران (۲۳) در خصوص افزایش pH در میوه گیلاس با افزایش مدت نگهداری مطابقت داشت. تنفس و مصرف اسیدهای آلی موجود در میوه دلیل اصلی افزایش میزان pH می‌باشد (۳ و ۲۹) این نتایج با نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های روکولی و همکاران (۲۴) که بیان کردند بسته‌بندی در شرایط اتمسفر تعدیل یافته سبب حفظ بهتر pH و سایر خصوصیات کیفی میوه می‌شود، مطابقت دارد.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): میزان اسیدیته قابل تیترایسیون با توجه به همبستگی منفی با pH عصاره یک روند کاهشی را در طی مدت انبارداری نشان می‌دهد (جدول ۲). این نتایج با نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های ناخاسی و همکاران (۱۸) که بیان کردند مقدار اسیدیته در طول مدت انبارداری کاهش می‌یابد و این کاهش در میوه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تعدیل شده در مقایسه با میوه‌های شاهد کندتر صورت می‌گیرد، مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد که اسیدهای آلی موجود در میوه زغال‌اخته به‌خصوص اسید مالیک که اسید غالب میوه می‌باشد، در طول مدت نگهداری زغال‌اخته در انبار در اثر فعالیت تنفسی مصرف شده و کاهش می‌یابد. هم‌چنین مقایسه

تیمار ترکیب‌های گازی مختلف در دو پوشش پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن با شاهد نشان داد که میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی‌اتیلن و ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 و هوا در پوشش پلی‌پروپیلن دارای بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بودند، که این امر احتمالاً ناشی از شدت کم نفس میوه در دمای پایین و اتمسفر مطلوب ایجاد شده در تیمارهای ذکر شده می باشد. این نتایج با نتایج به‌دست آمده از پژوهش فرناندو و همکاران (۷) مطابقت دارد.

مواد جامد محلول کل (TSS): بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار ترکیب‌های گازی مختلف (هوا، ۵% O_2 + ۲۰% CO_2 و ٦٠% O_2 + ۲۰% CO_2) در دو پوشش پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن با شاهد نشان داد از نظر میزان مواد جامد محلول کل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. به‌طوری‌که مقدار آن از ۲۲ در شروع آزمایش تا ۱۲/۹ در میوه‌های شاهد و تا ۱۵/۳۲ و ۱۴/۹ به‌ترتیب در میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی‌اتیلن و ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 و هوا در پوشش پلی‌پروپیلن دارای پوشش کاهش یافت که این امر نشان دهنده کمترین میزان تغییرات در مقدار مواد جامد محلول کل در طول مدت نگهداری میوه در انبار در این دو تیمار می‌باشد (جدول ۲). این با نتایج رنجبر و همکاران (۲۳) منطبق بود ولی با نتایج نیون و دریک (۱۹) که بیان کرده بودند میزان TSS در میوه‌های گیلاس در طی تیمارهای اتمسفری تغییرات معنی‌داری نداشتند، مغایرت داشت. علی‌رغم این که شدت تنفس محصولات باغبانی در دماهای پایین و به‌خصوص با اعمال تیمارهای گازی و پوشش‌های پلیمری بسیار کاهش می‌یابد، کاهش قندها و اسیدها در طول مدت انبارمانی، در اثر مصرف آنها، عنوان سوبسترای اصلی در متابولیسم تنفسی باعث تغییراتی در مقادیر مواد جامد محلول کل، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون و pH می‌شود (۱۷).

مقدار ویتامین ث: ویتامین ث در طول دوره انبارمانی هم در میوه‌های شاهد و هم در میوه‌های بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر تعدیل یافته کاهش یافت و این کاهش به‌ترتیب برای میوه‌های شاهد و میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلن و هوا، بیشتر از تیمارهای دارای پوشش بود. به‌طوری‌که میزان آن از ۱۳۴/۳۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم در شروع آزمایش به ۳۷/۵۴ در شاهد و به ۷۷/۴۱۱ در میوه‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی‌اتیلن و هوا در پایان هفته پنجم کاهش یافته است (جدول ۲). هرچند میوه‌های تحت تیمار ترکیب گازی ۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 در پوشش پلی‌اتیلن از میزان ویتامین ث بیشتری برخوردار بود، اما بین ترکیب‌های گازی موجود در هر دو پوشش پلیمری اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۲). این با نتایج رنجبر و همکاران (۲۳) که اعلام کردند میزان ویتامین ث در میوه گیلاس طی مدت زمان انبارمانی کاهش یافت، مطابقت دارد. عامل دیگر اسیدیته قلیایی است که باعث تخریب ویتامین ث می‌شود (۱۲) که با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH در این آزمایش با افزایش pH در طول مدت انبارمانی با کاهش ویتامین ث مواجه هستیم. هم‌چنین دی (۴) بیان نمود که بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته با سطوح بالای اکسیژن درحفظ ویتامین ث و کاهش درجه اکسیداسیون لیپیدها مؤثر است. هم‌چنین نتایج حاضر با نتایج تیان و همکاران (۳۲) در رابطه با تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته و انبار با اتمسفر کنترل شده با غلظت بالای دی‌اکسیدکربن توأم با غلظت پایین اکسیژن در حفظ ویتامین ث میوه گیلاس مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی استفاده از تکنولوژی بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته صرف‌نظر از نوع ترکیب گازی به میزان چشمگیری با ممانعت از کاهش وزن میوه‌های زغال‌اخته باعث جلوگیری از کاهش کیفیت و افزایش عمر انبارمانی شد. درحالی‌که میوه‌های شاهد با افت شدید کیفیت مواجه بوده و از هفته سوم انباری غیر قابل عرضه و مصرف بودند. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که در بین تمام تیمارها، تیمار ترکیب گازی

۶۰% O_2 + ۲۰% CO_2 در پوشش پلی‌اتیلن و هوا در پوشش پلی‌پروپیلن اثر نامطلوب کمتری روی طعم، مزه و کیفیت ظاهری میوه داشته و باعث حفظ خصوصیات کیفی و افزایش عمر انباری میوه‌ها می‌شود. هم‌چنین در طول دوره نگهداری هیچ‌گونه علایمی از پوسیدگی مشاهده نشد.

سپاسگزاری

از آنجا که امکانات فنی و مالی برای انجام این تحقیق توسط معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران فراهم آمده است، لذا محققین بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

منابع مورد استفاده

1. Bahrami, A. 2011. News: 880 tons of blueberries were harvested from orchards in Qazvin - Qazvin Agriculture Organization of Information.
2. Brindza, P., J. Brindza, D. Tóth, S. V. Klimenko and O. Grigorieva. (2007). Slovakian Cornelian cherry (*Cornus mas* L.): potential for cultivation. *Acta Horticulturae (ISHS*) 760: 433–437.
3. Conte, A., C. Scrocco, I. Brescia and M. A. Del Nobile. 2009. Packaging strategies to prolong the shelf life of minimally processed lampascioni (Muscari comosum). *Journal of Food Engineering* 90: 199–206.
4. Day, B. P. E. 1996. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. *Postharvest News and Information* 7: 31– 34.
5. Demir, F. and I. H. Kalyoncu. 2003. Some nutritional, pomological and physical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Journal of Food Engineering* 60: 335–341.
6. Eyde, R. H. (1988). Comprehending Cornus: Puzzles and progress in the systematics of the dogwoods. *Botanical Review* 54: *233–251*.
7. Fernando, J. A. Z., Y. S. Wang, Y. C. Wang and A. G. Gonzalez. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology* 45 (2): 166-173.
8. Gross, K. C., C. Y. Wang and M. Saltveit, 2004. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nurseryn stocks. U. S. D. A. Agriculture Handbook Number 66, Revised. http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/contents.html
9. Kader, A. A., D. Zagory and E. L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28(1): 1-30.
10. Kader, A. and S. B. Yehoshua. 2000. Effects of super atmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. A review: *Postharvest Biology and Technology* 20: 1–13.
11. Kähkönen, M. P., A. I. hopia and M. Heinonen. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: *4076-4082*.
12. Khalili, F., M. Shekarchi, Y. Mostofi, M. Pirali Hamedani and N. Adib. 2009. Effect of Cytokinin on the accumulation of fermentation products, vitamin C and quality maintenance of broccoli (*Brassica olerasea* var. italica plenk) packed under modified atmosphere. *Journal of Medicinal Plants* 26(2): 53-62. (In Farsi)
13. Laleh, G. H., H. Frydoconfar, R. Heidary, R. Jameei and S. Zare. 2006. The effect of light, temperature, PH and secies on stability of anthocyanin pigments in four Berberis species. *Pakistan Journal of Nutrition* 5: 90-92.
14. Li, C. and A. A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 405–407.
15. Majedi, M. 1995. Chemical Methods for Food Testing. Jihad Publication of Tehran University. Tehran.
16. Mazza, G. and R. Brouillard. 1987. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. *Food Chemistry* 25: 207–225.
17. Mostofi, Y., H. Seyed Hajizadeh, A. Talaei and M. A. Ebrahimzadeh Mousavi. 2007. Maintaining of quality and extending storability of Iranian local apple Golab Kohanz by Modified atmosphere packaging. *Seed and Plant* 23: 87-99. (In Farsi)
18. Nakhasi, S., D. Schilmme and T. Solomos. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science* 56: 55-59.
19. Neven, L. G. and S. R. Drake. 2000. Comparison of alternative postharvest quarantine treatments for sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology* 20: 107–114.
20. Panatelidis, G. E., M. Vasilakakis, G. A. Manganaris and G. R. Diamantidis. 2006. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry* 102: 777-783.

21. Paulovicsová, B., I. Turianica, T. Jurìková, M. Bakoghová and J. Matuškovič. 2009. Antioxidant properties of selected less common fruit species. *Lucrăriştiinţifice Zootehnie şi Biotehnologii* 42 (1): 608-614
22. Pérez, A. G. and C. Sanz. 2001. Effect of high oxygen and high carbon dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49: 2370–2375.
23. Ranjbar, E. 2011. The Efect of Modified Atmosphere Packaging on Storability and Quality Maintaining of Sweet Cherry "Lambert" and Takdaneie Mashhad. University of Tehran. Karaj. Iran.
24. Rocculi, P., S. Romani and M. Dalla Rosa. 2004. Evaluation of physic-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International* 37:329-335.
25. Rop, O., J. Mlcek, D. Kramarova and T. Jurikova. 2010. Selected cultivars of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) as a new food source for human nutrition. *African Journal of Biotechnology* 9: 1205-1210.
26. Sabeti, H. 1966. Trees and shrubs of Iran. First edition. Tehran University Press, Tehran.
27. Salunhke, D. K., and M. T. Wu. 1973. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening associated biochemical changes of tomato fruits. *Journal of American Society of Horticultural Science* 98: 12-18.
28. Scalzo, J., A. Politi, N. Pellegrini, B. Mezzetti and M. Battino. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Journal of Nutrition* 21: 207–213.
29. Serrano, M., D. Martínez-Romero, S. Castillo, F. Guillén and D. Valero. 2005. The use of antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 115−123.
30. Shui, G., and L. P. Leong. 2006. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry* 97: 277–284.
31. Smith, S., J. Geeson and J. Stow. 1987. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. *Horticultural Science* 22 (5): 772- 776.
32. Tian, S. P., A. L. Jiang, Y. Xu and Y. S. Wang. 2004. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Journal of Food Chemistry* 87: 43–49.
33. Vareed, S. K., M. K. Reddy, R. E. Schutzki and M. G. Nair. 2006. Anthocyanins *Cornus alternifolia*, *Cornus controversa*, *Cornuskousa* and *Cornus Florida* fruits with health benefits. *Journal of Life Science* 78: 777–784.
34. Vamos-Vigyazo, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC Crit Rev. *Food Science and Nutrition* 15: 49–127.
35. Wang, H., G. Cao and R. L. Prior. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 44: 701–705.
36. Wang, S.Y., and H. J. Jiao. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5677–5684.
37. Wszelaki, A. L. and E. J. Mitcham. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biology and Technology* 20: 125–133.
38. Zhang, M., Q. Tao, Y. J. Huan, H. O. Wang and C. L. Li. 2002. Effect of temperature control and humidity on the preservation of Jufeng grapes. *International Agrophysics* 16: 277-282.
39. Zheng W. and S.Y. Wang. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 502-509.
40. Zheng, Y., Z. Yang and X. Chen. 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. *Journal of Food Control* 19: 470–474.