اثراتمسفر اصلاح شده، اسانس میخک هندی(*Syzygium Aromaticum L.*) و پاکت‌های انعطاف‌پذیر بر خصوصیات میکروبی و حسی فلفل قرمز

نازنین زند*[1]، اورنگ عیوض‌زاده[1]، رضا صدیقی[2]

۱- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

* نویسنده مسئول: n_zand2008@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۸/۱۵، پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

چکیده

اثر غلظت‌های مختلف سه نوع مخلوط گازی (دی‌اکسید کربن، نیتروژن، اکسیژن) و نیز شرایط تحت خلاء و شاهد همراه با اسانس میخک هندی (*Syzygium Aromaticum L.*) و ۳ نوع پوشش قابل انعطاف چندلایه برای افزایش زمان ماندگاری فلفل قرمز در شرایط دمایی یخچال ۴°C مورد مطالعه قرار گرفت. شرایط بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس با ۴ نوع بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، با ترکیبات گازی که شامل ۱) ۲۰ درصد N_2 +۸۰ درصد CO_2، ۲) ۸۰ درصد N_2 +۲۰ درصد CO_2، ۳) ۴۸ درصد N_2 + ۴۸ درصد CO_2 +۴ درصد O_2 و ۴) تحت خلأ، همراه با تزریق اسانس میخک هندی به میزان ۱/۵ درصد وزنی بودند، مقایسه گردید. نمونه‌ها در پاکت‌های غیر قابل نفوذ به اکسیژن، $PET_{12}/AL_7/OPP_{20}/LLD_{65}$، $PET_{12}/AL_7/PET_{12}/LLD_{80}$ و $OPP_{20}/AL_7/OPP_{20}/LLD_{65}$ بسته‌بندی شدند و در زمان‌های مختلف (۲۸ روز) مورد آزمون‌های میکروبی (شمارش باکتری‌های هوازی پاتوژن، شمارش کپک و مخمر)، آزمون شیمیایی pH و ارزیابی حسی قرار گرفتند. به منظور آنالیز داده در قالب طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن ($P<0.05$) از نرم افزارهای SPSS نسخه۲۶ استفاده گردید. بهترین شرایط نگهداری متعلق به نمونه‌های موجود درپوشش چهار لایه ۱۱۶ میکرون تحت شرایط ۸۰ درصد CO_2 همراه اسانس میخک بود که تا ۲۸ روز عمر ماندگاری فلفل قرمز را افزایش داد و تأثیر مطلوبی نیز بر pH و خواص حسی (بافت، بو، ظاهر، مزه و رنگ) نمونه‌های فلفل قرمزگذاشت که به دلیل خاصیت ضدمیکروبی این فاکتورها ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده، فلفل قرمز، مدت ماندگاری، پاکت‌های انعطاف‌پذیر چند لایه

مقدمه

انسان همواره به دنبال روش‌های غیر حرارتی جهت نگهداری بهینه مواد غذایی به منظور افزایش مدت ماندگاری و قابلیت مصرف فرآورده‌های غذایی و نیز امکان استفاده از یک تکنولوژی جایگزین و یا مکمل روش‌های مرسوم بوده است. در گذشته غذا تنها به عنوان منبعی برای تأمین انرژی محسوب می‌گردید، اما امروزه مواد غذایی علاوه بر تأمین انرژی باید از نظر کیفی نیز دارای خصوصیاتی نظیر عاری بودن از مواد ضد تغذیه‌ای، عدم افزودن مواد نگهدارنده و حفظ مواد تغذیه‌ای آن (در طی فرآیند تولید و فرآوری) نظیر ویتامین‌ها، املاح و مواد معدنی باشند (۱). لزوم انجام عملیات نگهداری مواد غذایی در سطح وسیع‌تر با افزایش سطح زندگی و نیازمندی‌های بشر بیشتر آشکار گردید تا اینکه در سال ۱۸۷۰ صنعت نوین نگهداری مواد غذایی توسط نیکلا آپرت[1] پا گرفت. آپرت فرآیند کنسرو کردن را ابداع نمود. در سال ۱۸۷۵ سیستم مکانیکی سرمایش آمونیاکی اختراع شد و در دهه ۱۹۶۰ لویی پاستور[2] به ارتباط میان میکروارگانیسم‌ها و فساد مواد غذایی پی برد. کشف پاستور، توسعه صنایع غذایی و تکنیک‌های نگهداری مواد غذایی را بر پایه علمی استوار نمود. وقوع دو جنگ جهانی

[1] Nicholas Appert
[2] Louis Pasteur
[3] Modified Atmosphere Packaging
[4] Capsicums

و جنگ کره، در طی نیمه اول قرن بیستم به این توسعه سرعت بخشیدند. در پرتو شناخت تکنولوژی‌های مرتبط با فرآوری مواد غذایی، آنچنان پیشرفت در صنایع غذایی روی داد که امروزه مصرف‌کنندگان بیشتر به کیفیت مواد غذایی عرضه شده به جای کمیت آنها اهمیت می‌دهند (۲). انتخاب ظروف مناسب جهت حفظ خواص مواد غذایی از تولید به مصرف و نیز کسب اطمینان در مورد ایمنی محصولات بسته‌بندی شده ضروری است. روند جهانی کاربرد مواد بسته‌بندی در صنایع غذایی نشان داده است که مواد پلیمری به سرعت در حال جایگزینی با مواد سنتی از قبیل شیشه، فلز.... می‌باشند. بنگاهی که بتواند از توانایی‌های فناورانه خود در بهبود کیفیت بسته‌بندی، قیمت ارزان‌تر، تبلیغات و سایر مواردی که سبب پیروزی او در صحنه رقابت با سایر رقبا است، استفاده کند برنده خواهد بود. امروزه توسعه شهرنشینی، افزایش خانواده‌های شاغل، کوچکتر شدن خانوارها، توسعه و افزایش فریزرها و مایکروویوها همگی دلایل رشد صنعت بسته‌بندی هستند. هدف از بسته‌بندی افزایش مدت ماندگاری محصول و حفظ کامل آن از خطر عوامل فساد درونی و بیرونی و اکسید شدن آن تا زمان مصرف است (۳). سیستم MAP[۳] یا بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، با احاطه کردن اتمسفر اطراف ماده‌ی غذایی سبب کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و مانع از فساد و واکنش‌های اکسیداسیون شده و همچنین موجب حفظ ویژگی‌های فیزیکی و ارگانولپتیکی بسیاری از محصولات غذایی از جمله سبزیجات می‌گردد. نوع محصول، نحوه تولید، میزان آلودگی میکروبی اولیه، نوع گازهای مصرفی در اتمسفر بسته، نسبت حجم محصول به حجم گازهای درون بسته و دمای نگهداری به عنوان عمده‌ترین عوامل مؤثر بر عمر نگهداری هر نوع بسته‌بندی می‌باشند (۴). موادی که برای بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته مورد استفاده قرار می‌گیرند، بسیار مهم می‌باشند. اگر مواد بسته‌بندی دارای ویژگی‌ها و کیفیت ضعیفی باشد مخلوط گاز به کار رفته در بسته‌بندی ممکن است از درون بسته نشت و یا تبادل با محیط کنند و با گذشت زمان گاز خارج شود برای این منظور باید از مواد بسته‌بندی چند لایه و غیر قابل نفوذ استفاده گردد (۵). دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن عموماً گازهایی هستند که در این سیستم استفاده می‌گردند، ترکیب این گازها بستگی به عوامل محیطی و نوع محصول دارد معمولاً درصد مخلوط گازها در داخل بسته به دلیل فعالیت‌های متابولیکی و نفوذپذیری مواد بسته‌بندی در طول مدت نگهداری ثابت نخواهد ماند این بسته‌بندی به ظاهر روش بسیار ساده‌ای است اما خالی کردن هوای داخل بسته و جایگزین کردن آن با ترکیبی از گازها در عمل پیچیدگی‌های تکنیکی زیادی دارد (۶). فلفل قرمز با نام علمی *Capsicum annum* یا همان فلفل دلمه‌ای به خانواده *Solanaceae* یا تیره سیب‌زمینی، تعلق دارد. فلفل قرمز به همراه سیب‌زمینی، توتون، تنباکو، گوجه‌فرنگی و تعداد بیشتری از دیگر گیاهان در یک تیره قرار می‌گیرد. فلفل سفید، سیاه، قرمز و سبز همگی از فلفل قرمز بدست می‌آیند. فلفل قرمز، دارای ترکیبی از جنس کپساسین[۴] می‌باشد که طعم تند آتشین دارد و به مصرف سس چیلی و دیگر سس‌های تند می‌رسد (۷). استفاده از فلفل قرمز به علت ارزش غذایی بالا و طعم و قیمت مناسب آن از سالیان دور در کشورهای آسیایی و اروپایی رایج بوده است و امروزه مصرف آن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان مهم از اهمیت خاصی برخوردار است و می‌توان این محصول را در قفسه مواد گیاهی و سبزیجات فروشگاه‌های بزرگ به صورت تکه شده یا کامل مشاهده نمود. امروزه با وجود این که خشک کردن فلفل قرمز یکی از بهترین روش‌های نگهداری در مقابل فساد است، اما مناسب‌ترین روش جهت نگهداری فلفل قرمز به شمار نمی‌آید. فلفل قرمز یا چیلی در بسیاری از کشورها از جمله هند جزء اصلی ترکیبات غذایی به شمار می‌آید. لذا بیشتر تمایل به مصرف فلفل قرمز به صورت تازه در بسیاری از کشورها دیده می‌شود (۸). خاصیت قارچ‌کشی اسانس میخک، در اثر ترکیبات فنولی موجود در آن مثل اوژنول است. اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum L*) به طور مؤثری علیه بیماری‌های پس از برداشت کاربرد دارد و از خاصیت ضد عفونی کننده آن می‌توان در کنترل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای گیاهان استفاده کرد (۹). سرانو و والرو[۵] (۲۰۰۵)، نتایج اثر اسانس میخک هند، برای بهبود مزایای بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و بررسی اثرات ضد باکتریایی و ضد قارچی

[۵] Serano and Valero

[6] Gharazi
[7] Choi
[8] Fagundes

آن بر روی گیلاس‌های انبار شده نشان داد که عمر انبارداری گیلاس تا دو ماه با کنترل باکتری‌های هوازی و مخمر و کپک افزایش یافته است (۱۰). نعمت شاهی و همکاران (۱۳۹۲)، اثر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده را روی خرمای تازه در شرایط یخچال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده از ۲۰-۱۰ درصد CO_2 باعث افزایش زمان ماندگاری خرما می‌شود اما تاثیر مطلوبی روی وزن و رنگ خرما نمی‌گذارد (۱۱). قرضی و همکاران[۶] (۲۰۱۲)، تاثیر ترکیب تیمار پس از برداشت و اتمسفر تغییر یافته فعال را بر روی نگهداری گوجه‌های گیلاسی بررسی کردند. آزمایشات شامل سه تیمار بود. میوه‌هایی که در آب سرد به مدت ۵ دقیقه قرار گرفته بودند، گوجه‌هایی که در ۲ درصد کلرید کلسیم و گوجه‌هایی که در ۵ درصد اسید استیک قرار داشتند. تغییرات فیزیکوشیمیایی در مدت ۱۴ روز (فواصل دو روزه) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد بهترین تیمار، تیمار حاوی کلرید کلسیم با بالاترین میزان اسید آسکوربیک و لیکوپن و دارای کمترین رطوبت بوده است. تیمار حاوی اسید استیک دارای بالاترین اسیدیته قابل تیتر، رطوبت و کمترین مواد جامد محلول، لیکوپن و قند کلی بود. نمونه شاهد دارای بالاترین مواد جامد محلول، قند کل و پایین‌ترین اسیدیته قابل تیتر و اسید آسکوربیک بود. مواد جامد محلول و اسیدیته در ابتدا سریعا رو به افزایش بود اما به تدریج در طول مدت نگهداری شروع به کاهش کرد (۱۲). چوی و همکاران[۷] (۲۰۱۵)، تاثیر ترکیب تابش ماوراءبنفش و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده را بر گونه باکتری *Salmonella* Typhimurium و افزایش مدت ماندگاری گوجه گیلاسی در دمای یخچالی و محیط را بررسی کردند. در این مطالعه جهت غیر فعال کردن و آسیب رساندن به باکتری فوق از پیش تیمار UV-C به میزان $2kj/m^2$ استفاده شد. سپس گوجه‌های گیلاسی در دو حالت اتمسفر اصلاح شده فعال و غیرفعال به مدت ۹ روز در ۴ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه شاهد شامل گوجه‌های گیلاسی بدون تابش اشعه ماوراءبنفش و بسته‌بندی شده در فیلم‌های سوراخ‌دار بود. نتایج نشان داد هنگامی که گوجه‌های گیلاسی با UV-C تابش داده شده و تحت اتمسفر اصلاح شده فعال (۵/۳ درصد CO_2 + ۵/۵ درصد O_2) بسته‌بندی شدند جمعیت باکتری‌های *S.* Typhimurium در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دیگر تیمارها کاهش یافته است. در مورد رنگ نمونه‌ها، ترکیب دو روش باعث به تاخیر انداختن تغییر رنگ گوجه‌ها شد. صرف‌نظر از نوع تیمارها و روش بسته‌بندی، گوجه‌های ذخیره شده در دمای ۴ درجه سانتی-گراد کاهش سفتی کمتری نسبت به نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد داشتند. به طورکلی نتایج نشان داد ترکیب تابش ماوراءبنفش و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده می‌تواند امنیت میکروبی و افزایش ماندگاری گوجه گیلاسی را در طول مدت نگهداری سرد ایجاد نماید (۱۳). فاگوندز و همکاران[۸] (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای اثر اتمسفر اصلاح شده و نگهداری در ۵ درجه سانتی‌گراد را بر روی کیفیت گوجه‌های گیلاسی بررسی کردند. ترکیب گازی (۵ درصد CO_2 + ۵درصد O_2) برای بسته‌بندی فعال و بسته‌بندی معمولی به عنوان نمونه شاهد انتخاب شد. متغیرهای مورد اندازه‌گیری شامل وزن از دست رفته، سفتی، قند، اسیدهای ارگانیک، رنگ، لیکوپن، نرخ تنفس و بیوسنتز اتیلن در طول ۲۵ روز نگهداری بود. نتایج نشان داد بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده فعال می‌تواند طول مدت نگهداری گوجه‌های گیلاسی را افزایش دهد. تیمارهای بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده باعث کاهش نرخ تنفس و تولید اتیلن شده است که می‌تواند باعث از دست رفتن وزن، بیوسنتز لیکوپن، شکل و رنگ قرمز گوجه‌ها گردد. استفاده از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده باعث حفظ سفتی و تاخیر در ایجاد تغییرات مربوط به قند و محتویات اسیدهای ارگانیک شده است. همچنین ترکیب بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به همراه پیش تیمار حرارتی باعث تاخیر در رشد میکروبی و حفظ خواص کیفی گوجه‌های گیلاسی در طول مدت نگهداری شد (۱۴). هدف از این تحقیق ارزیابی ترکیب اثر اتمسفر اصلاح شده شامل سه نوع مخلوط گازی (دی‌اکسید کربن، نیتروژن، اکسیژن) و نیز شرایط تحت خلاء با اسانس میخک هندی (۱/۵ درصد وزنی) و نیز استفاده از سه نوع پاکت بسته بندی ۴ لایه انعطاف‌پذیر غیر قابل نفوذ به اکسیژن جهت افزایش زمان ماندگاری فلفل قرمز در شرایط دمایی یخچال 4^oC با کنترل

رشد باکتری‌های هوازی بیماری‌زا، کپک و مخمر، تغییرات pH و خواص حسی (رنگ، بو، مزه، ظاهر و بافت) طی ۲۸ روز نگهداری این محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و تولید و بسته‌بندی فلفل قرمز

مواد اولیه: برای اجرای این تحقیق، ۸ کیلو فلفل قرمز با وزن هر کدام حدود ۲۰ گرم از یکی از میادین میوه و تره بار تهران به تاریخ روز خریداری شد. محیط‌های کشت مورد نیاز (PCA، EEB، DG18) از شرکت کیوبلنت (کانادا)، پاکت‌های بسته‌بندی از شرکت پلاستیک ماشین الوان و پوشان پلاستیک و اسانس میخک هندی از شرکت بل (آلمان)، تهیه گردیدند.

تهیه و بسته‌بندی نمونه‌ها: نمونه‌ها پس از شستشو (روش غوطه‌وری به مدت ۱۰ دقیقه در آب 45^0C) و آبکش کردن، به وزن‌های ۱۰۰ حدود گرم تقسیم شده و به آزمایشگاه بیو فیزیک گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران منتقل و پس از کنترل دما، نمونه‌ها آماده‌ی بسته‌بندی گردیدند و درون سه نوع پاکت انعطاف‌پذیر ۴ لایه، پس از تزریق اسانس میخک هندی با سرنگ استریل به میزان ۱/۵ درصد وزنی نمونه (W_P/W_S)، قرار داده شده و برای تزریق گاز و دوخت پاکت به دستگاه بسته‌بندی منتقل گردید. سپس با دستگاه بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (شرکت HENKELMAN مدل A200، ساخت کشور آلمان) توسط ۵ نوع گاز، G_1 (۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن)، G_2 (۲۰درصد دی‌اکسید کربن + ۸۰ درصد نیتروژن)، G_3 (۴۸ درصد دی‌اکسید کربن + ۴۸ درصد نیتروژن + ۴ درصد اکسیژن) و G_4 (خلاء) و G_5بسته‌بندی معمولی به‌عنوان شاهد (بدون تزریق گاز و اسانس) و پس از تخلیه هوا درون پاکت‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه، در ۳ سطح P_1، P_2 و P_3 (با آنالیز پلی‌استر، آلومینیم، پلی‌پروپیلن جهت داده شده و پلی‌اتیلن خطی با دانسیته کم) بسته‌بندی گردیدند و بلافاصله به آزمایشگاه محل نگهداری منتقل شده و در دمای یخچال ($T = 4^0C$) نگهداری شدند و در مدت زمان ۲۸ روز Z_1-Z_5 طی روزهای هفتم، چهاردهم، بیست و یکم و بیست و هشتم، نمونه‌ها از محل نگهداری خارج شده و سپس به آزمایشگاه میکروبیولوژی شرکت پلاسموژن سلامت جهت انجام آزمون‌های میکروبی و شیمیایی مربوطه و بخش کنترل کیفیت شرکت پلاستیک ماشین الوان جهت آزمایشات تکمیلی انتقال داده شدند. خصوصیات پاکت‌های مورد استفاده مطابق با نتایج تحقیق محققان در جدول ۱ ذکرشده است (۱۵،۱۶).

جدول ۱- خصوصیات سه نوع پاکت پلیمری چند لایه مورد استفاده در تحقیق

نمونه	لایه	ضخامت فیلم (μ)	ضخامت درزبندی فیلم	درصد عبور اکسیژن ($ml/m^2.day$)	درصد عبور آب ($g/m^2.day$)
PET/AL/OPP/LLD	۱۲/۷/۲۰/۶۵	۱۰۴	۵۵/۸۸	۰	۰/۲۱۳
PET/AL/PET/LLD	۱۲/۷/۱۲/۸۰	۱۱۶	۵۸/۳۵	۰	۰/۱۰۴
OPP /AL/ OPP /LLD	۲۰/۷/۲۰/۶۵	۱۱۲	۵۰/۱۱	۰	۰/۲۸۵

PET: Poly Ethylene Terephthalate; OPP: Oriented Poly Propylene; LLD:Liner Low Density Poly Ethylene; AL: Aluminum

آزمون‌های میکروبی

PCA[9] محیط کشت عمومی برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

DG18[10] محیط کشت عمومی برای شمارش کلی کپک‌ها و مخمرها

E.E.Broth[11] محیط کشت اختصاصی برای غنی‌سازی باکتری‌های هوازی قبل از انتقال به محیط کشت PCA

[9] Plate Count Agar
[10] Dichloran 18%Glycerol
[11] *Enterobacteriaceae* Enrichment Broth

شـــمـــارش کلی باکتری‌های هوازی در محیط کشت PCA & EEB

ابتدا ۱ گرم نمونه (فلفل قرمز) در زیر هود میکروبی در آزمایشـگاه وزن و در ۱۰ ســی‌ســی محلول رینگر حل شـد، ســـپس بـه محیط کشـــت غنی‌کننده E.E. Broth ۱۰ ســی‌ســی اضافه و به مدت سه روز در انکوباسیون ۳۷ درجه سـانتی‌گراد انکوبه گردید. سپس به روش CFU یک سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ سی‌سی از نمونه به لوله شماره ۱ سریال رقت تهیه و به روش پورپلیت در محیط کشـــت PCA کشـــت داده شـــد و به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گرادجهت شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها انکوبه گردید. ازدستگاه کلنی کانتر جهت شـــمارش تعداد میکروارگانیســـم‌ها اســـتفاده شـــده اســـت (۱۷،۱۸).

شـــمـــارش کلی قارچ‌های هوازی و بی‌هوازی اختیـــاری (مخمر و کپـــک) در محیط کشـــت DG18

ابتدا ۱ گرم نمونه در زیر هود میکروبی در آزمایشـگاه وزن و در ۱۰ ســی‌ســی محلول رینگر حل شـد، ســپس به روش CFU یک سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ ســی‌ســی از نمونه به لوله شماره ۱ سریال رقت تهیه گردید و در محیط کشت DG 18 به صورت پورپلیت دو لایه در جار بی‌هوازی کشـت داده شد. بعد در آون خلاء ۳۷ درجه سـانتی‌گراد و با اسـتفاده از گاز پک به مدت ۷۲ ســـاعـت جهت شـــمارش مخمرهای بی‌هوازی اختیاری وکپک‌ها در پلیت‌های چند قسمتی نگهداری شد. ازدستگاه کلنی کانتر جهت شـمارش تعداد میکروارگانیسم‌ها استفاده شده است (۱۷،۱۸).

آزمون شیمیایی- اندازه‌گیری pH

دسـتگاه pH متر دیجیتال (شـرکت پارمیس طب‌آزما مـدل HP9010، ســـاخـت کشـــور ســـنگـاپور) برای اندازه‌گیری pH در مواد اسیدی و (OH-) در مواد قلیایی (دقت دو رقم اعشـار) بکار گرفته شد. در روش اندازه‌گیری pH، دســـتگاه pH متر ابتدا با محلول‌های تامپون ۴ و ۷ تنظیم شـد. مقدار ۱۰ گرم فلفل در۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و سپس بوسیله الکترود دستگاه که از قبل کالیبره شـــده پس از ۱ دقیقـه تماس الکترود با نمونه مقدار pH روئیت و ثبت گردید (۱۸).

ارزیابی حسی (ظاهر، بافت، مزه، بو، رنگ)

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حســـی نمونه‌های فلفل قرمز روش حواس پنج‌گانه (هدونیک ۵ نقطه‌ای) اســـتفاده گردیـد. ارزیـابی در هفته‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ برای هر ۵ نوع بســـته‌بندی و بر اســـاس ویژگی‌های ارگانولپتیکی (ظاهر، رنـگ، بـافـت، مزه و بو) و با اســـتفاده از یک رتبه‌بندی به صـورت ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ به ترتیب برای بســیار خوب، خوب، متوســـط، بد، بســـیار بد انجام گردید (۱۹). داوران حســـی امتیاز مشخصی را نسبت به حداکثر امتیازی که در فرم‌های ارزشـیابی ارائه شـده مشـخص شده بود، را برای نمونه‌های فلفل قرمزتعیین کردند. در این رابطه از ۱۰ نفر اعضای پانل آموزش دیده (دانشـجویان با میانگین سنی ۲۵ تا ۳۵ سال) کمک گرفته شـد (۲۰). ارزیابی حسی تحت شرایط مشابه نور و دمایی انجام گرفت، که این شـــرایط طی همه دوره آزمایشات در طول ۴ هفته ثابت بودند. امتیازدهی با مقیاس ۱ تا ۵ (۱ بهترین امتیاز و ۵ بدترین امتیاز) در این روش در محدوده تغییرات، صـرفاً تا زمان خروج نمونه فلفل از حالت بو و طعم طبیعی (بعنوان فسـاد درجه اول) و یا رسـیدن به بوی غیرقابل قبول (بعنوان فسـاد درجه دوم) مبنای ارزیابی قرار داده شد (۲۱).

روش تجزیه وتحلیل آماری

در این پژوهش کلیـه آزمایشـــات در قالب طرح کاملاً تصـادفی و فاکتوریل در سه تکرار طراحی و انجام شد. سه متغیر مســـتقـل شـــامـل الف: فـاکتور نوع بســـته‌بندی انعطـاف‌پـذیر چند لایه (P) در ۳ ســـطح P1 تا P3، ب: فاکتور شـرایط بسته‌بندی و ترکیب گازی (G) در ۵ سطح G1 تا G5 و ج: فاکتور زمان نگهداری (Z) در ۴ سطح، بر رشـــد باکتری‌های هوازی و کپک، مخمر، pH و خواص

حسی نمونه‌های فلفل مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها پس از جمع‌آوری، بازبینی و مرتب شده و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام پذیرفت.

نتایج

شمارش کلی باکتری‌های هوازی بیماری‌زا

نتایج شمارش کلی باکتری‌های هوازی نمونه‌های فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پاکت‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به‌نتایج در طی مدت زمان نگهداری، روند رشد باکترهای هوازی برای کلیه تیمارها یکسان و افزایش معنی‌دار در شمارش کلی باکتری‌های هوازی وجود داشت ($p\leq$۰/۰۵). مطابق با جدول مقایسه میانگین شمارش کلی باکتری‌های هوازی و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که در هفته چهارم نگهداری بیشترین تعداد شمارش باکتری‌های هوازی (۶/۲۷۳ log cfu/ml) متعلق به تیمار P_3G_5 با میانگین تیمار (log cfu/ml ۵/۳۵۱) طی زمان نگهداری، بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس و پاکت ۴ لایه ۱۱۲ میکرون بود. کمترین تعداد شمارش باکتری‌های هوازی (۲/۹۹۹ log cfu/ml) را تیمار P_2G_1، بسته‌بندی تحت شرایط ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن و پاکت ۴ لایه ۱۱۶ میکرون در هفته اول با میانگین تیمار (۳/۵۰۷ log cfu/ml) طی زمان نگهداری، به خود اختصاص داده است و اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بجز P_1G_1 و P_3G_1 داشت ($p\leq$۰/۰۵). با توجه به نتایج تجزیه واریانس شمارش کلی باکتری‌های هوازی (جدول ۶) نتایج آزمایشات نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری تفاوت کاملا″ معنی‌داری بر شمارش باکتری‌های هوازی فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱). اثر متقابل دو جانبه (شرایط بسته‌بندی × زمان نگهداری) نیز تاثیر کاملا″ معنی‌داری بر شمارش کلی باکتری‌های هوازی فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده نشان داد ($p<$۰/۰۱). سایر اثرات متقابل دو جانبه و اثر سه جانبه تاثیر معنی‌داری بر شمارش کلی باکتری‌های هوازی فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده نداشتند ($p>$۰/۰۵).

شمارش کلی مخمرهای بی‌هوازی اختیاری

نتایج شمارش کلی مخمرهای بی‌هوازی نمونه‌های فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پاکت‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج در طی مدت زمان نگهداری، روند رشد مخمرهای بی‌هوازی برای کلیه تیمارها یکسان و در این مدت در تمامی تیمارها روند افزایشی وجود داشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین شمارش مخمرهای بی‌هوازی و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که در هفته چهارم نگهداری بیشترین تعداد شمارش مخمرهای بی‌هوازی (log cfu/ml ۳/۱۴۶) متعلق به تیمار P_3G_5 با میانگین تیمار در زمان (۳/۰۷۴ log cfu/ml)، بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس و پاکت ۴ لایه ۱۱۲ میکرون بود. کمترین تعداد شمارش مخمرهای بی‌هوازی (۱/۶۶ log cfu/ml) را تیمار P_2G_1 با میانگین تیمار در زمان (log cfu/ml ۲/۰۰۸)، بسته‌بندی تحت شرایط ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن و پاکت ۴ لایه ۱۱۶ میکرون در هفته اول نگهداری به خود اختصاص داده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس شمارش مخمرهای بی‌هوازی (جدول ۶) نتایج آزمایشات نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری تفاوت کاملا″ معنی‌داری بر شمارش مخمر فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱). اثرات متقابل دو جانبه نیز تاثیر کاملا″ معنی‌داری بر شمارش مخمر فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده نشان دادند ($p<$۰/۰۱). اثر متقابل سه جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر × شرایط بسته‌بندی × زمان نگهداری) تاثیر معنی‌داری بر شمارش مخمر فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده نداشت ($p>$۰/۰۵).

جدول ۲- مقایسه میانگین شمارش کلی باکتری‌های هوازی (log cfu/ml) فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه

تیمار	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸
P1G1	۳/۰۴۴±۰/۰۰۴^{k}	۳/۲۲۵±۰/۰۱۹^{h}	۳/۳۹۷±۰/۰۱۷^{f}	٤/٥٦٨±۰/۰۱۱^{k}
P2G1	۲/۹۹۹±۰/۰۰۸^{l}	۳/۱٦۹±۰/۰۲۱^{h}	۳/۳٤۲±۰/۰۱۹^{f}	٤/٥۱۸±۰/۰۱۳^{l}
P3G1	۳/۱٤۹±۰/۰۰٥^{j}	۳/۳۱۸±۰/۰۱٦^{g}	۳/٤٤٦±۰/۰۱٥^{f}	٤/٦۱۲±۰/۰۱۰^{j}
P1G2	۳/٤٤٤±۰/۰۱۲^{h}	۳/٥٦٦±۰/۰۰۹^{e}	٤/٦۰۱±۰/۰۱۰^{de}	٥/٦٥۳±۰/۰۰۹^{h}
P2G2	۳/۲۹٦±۰/۰۱٥^{i}	۳/٤۹٤±۰/۰۰٤^{f}	٤/٥۷۹±۰/۰۱۱^{e}	٥/٦۲۳±۰/۰۱۰^{i}
P3G2	۳/٤۷٥±۰/۰۱۱^{g}	۳/٦۷۳±۰/۰۱۱^{d}	٤/٦٤۳±۰/۰۰۹^{de}	٥/٦۹۰±۰/۰۰۸^{g}
P1G3	٤/٦۹۰±۰/۰۰۸^{e}	٤/۷۷٥±۰/۰۱۱^{bc}	٤/۸٤٤±۰/۰۱ ۲^{cde}	٥/۸٥۱±۰/۰۰٦^{f}
P2G3	٤/٦٥۳±۰/۰۰۹^{f}	٤/۷٤۸±۰/۰۰۷^{c}	٤/۸۲۱±۰/۰۲۰^{cde}	٥/۸۳۲±۰/۰۰٦^{f}
P3G3	٤/۷۰۷±۰/۰۰۸^{d}	٤/۷۸۹±۰/۰۱۰^{abc}	٤/۹۸۰±۰/۰۰٥^{bcd}	٥/۸۸۰±۰/۰۰٥^{e}
P1G4	٤/۷۲٤±۰/۰۰۸^{c}	٤/۷۹٦±۰/۰۱۰^{abc}	٤/۹۹۹±۰/۰۰۸^{bcd}	٦/۱۰٤±۰/۰۲۲^{c}
P2G4	٤/۷۰۷±۰/۰۰۸^{d}	٤/۷۷۷±۰/۰۱٤^{bc}	٤/۹۸۹±۰/۰۰٦^{bcd}	٦/۰۳۰±۰/۰۲٦^{d}
P3G4	٤/۷٥٥±۰/۰۰۷^{b}	٤/۸۲۱±۰/۰۲۰^{ab}	٥/۱۰٤±۰/۰۲۲^{bc}	٦/۲٤۹±۰/۰۱٦^{a}
P1G5	٤/۷٦۳±۰/۰۰۷^{b}	٤/۸۲٥±۰/۰۱۲^{ab}	٥/۰٦۸±۰/۰۲٤^{bc}	٦/۱٦۸±۰/۰۲۰^{b}
P2G5	٤/۷۳۲±۰/۰۰۸^{c}	٤/۷۹۲±۰/۰۱٤^{abc}	٥/۳۲٤±۰/٥۷۷^{ab}	٦/۰۳۰±۰/۰۲٦^{d}
P3G5	٤/۷۸٥±۰/۰۰۷^{a}	٤/۸٤٤±۰/۰۱٦^{a}	٥/٥۰۱±۰/٥۸٤^{a}	٦/۲۷۳±۰/۰۱٦^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (p>۰/۰۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین شمارش کلی مخمرهای بی‌هوازی (log cfu/ml) فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه

تیمار	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸
P1G1	۱/۷۲٥±۰/۰٤٥^{h}	۱/۹۹۸±۰/۰٤۳^{g}	۲/۲۲±۰/۰٦۳^{d}	۲/٤۸۱±۰/۰۲۱^{i}
P2G1	۱/٦٦۰±۰/۰۱۱^{h}	۱/۹۱٦±۰/۰۷۸^{h}	۲/۰۱۱±۰/٦۰۰^{e}	۲/۳۰۰±۰/۰۲۱^{j}
P3G1	۲/۰۰۰±۰/۰۰۰^{g}	۲/۳۰۰±۰/۰۲۱^{f}	۲/٤۸٦±۰/۰۲۹^{c}	۲/٦۰۱±۰/۰۱۰^{h}
P1G2	۲/۳۰۱±۰/۰۰۰^{f}	۲/۷۷۷±۰/۰۱٤^{d}	۲/۸٤۸±۰/۰۱۸^{ab}	۲/۹۰۳±۰/۰۱۰^{f}
P2G2	۲/۰۱۳±۰/۰۰۲^{g}	۲/۷۰٤±۰/۰۱۷^{e}	۲/۷۸۲±۰/۰۲۱^{b}	۲/۸٤٤±۰/۰۱۲^{g}
P3G2	۲/٤۷۷±۰/۰۰۰^{e}	۲/۸٤٦±۰/۰۱٥^{e}	۲/۹۰۳±۰/۰۱۰^{ab}	۲/۹٥٤±۰/۰۰۹^{e}
P1G3	۲/٤۷۷±۰/۰۰۰^{e}	۲/۹٥۲±۰/۰۰۷^{c}	۲/۹۷۹±۰/۰۱۱^{ab}	۳/۰۰٦±۰/۰۱۹^{d}
P2G3	۲/۰٦۸±۰/۰۱۱^{g}	۲/۸٤٤±۰/۰۱۲^{e}	۲/۸۷٤±۰/۰۱۷^{ab}	۲/۹٥٥±۰/۰٤٥^{e}
P3G3	۲/٦۰۲±۰/۰۰۰^{d}	۳/۰۰۲±۰/۰۱۳^{b}	۳/۰٤۰±۰/۰۰۹^{ab}	۳/۰۷۹±۰/۰۰۷^{c}
P1G4	۲/۷۷۸±۰/۰۰۷^{c}	۳/۰۰۲±۰/۰۱۳^{b}	۳/۰٤۰±۰/۰۰۹^{ab}	۳/۰۷۹±۰/۰۰۷^{c}
P2G4	۲/٦۰۱±۰/۰۱۰^{d}	۲/۸٤٤±۰/۰۱۲^{e}	۲/۹۰۳±۰/۰۱۰^{ab}	۲/۹٥٤±۰/۰۰۹^{e}
P3G4	۲/۹۰۳±۰/۰۱۰^{ab}	۳/۰٤۱±۰/۰۱۱^{ab}	۳/۰۸۰±۰/۰۱۲^{ab}	۳/۱۱۳±۰/۰۰٦^{b}
P1G5	۲/۸٤٤±۰/۰۱۲^{bc}	۳/۰۲٤±۰/۰۲۱^{b}	۳/۰٥۳±۰/۰۲۱^{ab}	۳/۰۹٦±۰/۰۰٦^{bc}
P2G5	۲/۷۸۰±۰/۰۱۰^{c}	۲/۹۰٦±۰/۰۱٦^{d}	۲/۹٥۷±۰/۰۱۹^{ab}	۲/۹۹۹±۰/۰۰۸^{d}
P3G5	۲/۹٥٥±۰/۰۱۲^{a}	۳/۰۸۰±۰/۰۱۲^{a}	۳/۱۱٤±۰/۰۱۱^{a}	۳/۱٤٦±۰/۰۰٦^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (p>۰/۰۵).

شمارش کلی کپک‌ها

نتایج شمارش کلی کپک‌ها نمونه‌های فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پاکت‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج در طی مدت زمان نگهداری، روند رشد کپک‌ها برای کلیه تیمارها یکسان و در این مدت در تمامی تیمارها روند افزایشی وجود داشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین شمارش کلی کپک‌ها و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که در هفته چهارم نگهداری بیشترین تعداد شمارش کپک‌ها (log cfu/ml ۳/۰۷۴) متعلق به تیمار P_3G_5 با میانگین تیمار در زمان (log cfu/ml ۲/۹۷۳)، بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس و پاکت ۴ لایه ۱۱۲ میکرون بود. کمترین تعداد شمارش کپک‌ها (log cfu/ml ۱/۴۷۷) را تیمار P_2G_1 با میانگین تیمار در زمان (log cfu/ml ۱/۸۵۷)، بسته‌بندی تحت شرایط ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن و پاکت ۴ لایه ۱۱۶ میکرون هفته اول نگهداری به خود اختصاص داده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس شمارش کلی کپک‌ها (جدول ۶) نتایج آزمایشات نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری تفاوت کاملاً" معنی‌داری بر شمارش کپک فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده داشتند ($p<۰/۰۱$). اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه نیز تاثیر کاملاً" معنی‌داری بر شمارش کپک فلفل‌های قرمز بسته‌بندی نشان دادند ($p<۰/۰۱$).

جدول ۴- مقایسه میانگین شمارش کلی کپک‌ها (log cfu/ml) فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه

تیمار	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸
P1G1	۱/۷۲۵±۰/۰۴۵^{h}	۱/۹۶۹±۰/۰۲۶^{h}	۲/۲۸۶±۰/۰۱۲^{f}	۲/۳۹۲±۰/۰۱۰^{h}
P2G1	۱/۴۷۷±۰/۰۰۰^{i}	۱/۸۱۲±۰/۰۳۳^{i}	۱/۹۸۴±۰/۰۲۶^{g}	۲/۱۵۶±۰/۰۱۷^{i}
P3G1	۱/۹۰۱±۰/۰۰۰^{g}	۲/۱۹۷±۰/۰۸۹^{fg}	۲/۳۸۶±۰/۰۱۰^{e}	۲/۵۳۹±۰/۰۰۷^{g}
P1G2	۲/۱۷۱±۰/۰۰۰^{f}	۲/۲۸۶±۰/۰۱۲^{ef}	۲/۴۶۷±۰/۰۰۸^{de}	۲/۵۸۷±۰/۰۱۲^{fg}
P2G2	۱/۹۶۹±۰/۰۲۶^{g}	۲/۱۶۶±۰/۰۱۷^{g}	۲/۲۸۶±۰/۰۱۲^{f}	۲/۴۵۷±۰/۰۱۷^{h}
P3G2	۲/۴۷۷±۰/۰۰۰^{d}	۲/۵۹۴±۰/۰۰۶^{cd}	۲/۵۹۴±۰/۰۰۶^{c}	۲/۶۸۷±۰/۰۱۰^{e}
P1G3	۲/۳۰۱±۰/۰۰۰^{f}	۲/۵۳۰±۰/۱۱۴^{d}	۲/۶۲۲±۰/۱۲۵^{c}	۲/۷۱۷±۰/۰۹۹^{e}
P2G3	۲/۰۱۳±۰/۰۲۳^{g}	۲/۳۵۶±۰/۱۵۶^{e}	۲/۴۸۶±۰/۱۶۰^{d}	۲/۶۱۳±۰/۱۱۷^{f}
P3G3	۲/۴۵۰±۰/۰۴۵^{de}	۲/۵۹۴±۰/۱۰۱^{cd}	۲/۷۵۵±۰/۰۱۹^{b}	۲/۸۳۰±۰/۰۱۶^{d}
P1G4	۲/۵۹۸±۰/۰۰۶^{c}	۲/۷۶۸±۰/۰۰۸^{b}	۲/۸۴۰±۰/۰۰۷^{b}	۲/۸۹۵±۰/۰۰۶^{cd}
P2G4	۲/۴۰۸±۰/۰۹۳^{e}	۲/۶۸۷±۰/۰۱۰^{bc}	۲/۷۶۸±۰/۰۰۸^{b}	۲/۸۳۸±۰/۰۰۶^{d}
P3G4	۲/۸۳۶±۰/۰۰۷^{a}	۲/۸۹۵±۰/۰۰۶^{a}	۲/۹۵۰±۰/۰۰۵^{a}	۲/۹۹۴±۰/۰۰۵^{b}
P1G5	۲/۶۹۳±۰/۰۰۵^{b}	۲/۸۹۵±۰/۰۰۶^{a}	۲/۹۷۱±۰/۰۰۵^{a}	۳/۰۳۷±۰/۰۰۶^{ab}
P2G5	۲/۴۷۲±۰/۰۰۸^{d}	۲/۷۶۸±۰/۰۰۸^{b}	۲/۸۳۶±۰/۰۰۷^{b}	۲/۹۲۴±۰/۰۰۹^{c}
P3G5	۲/۸۴۰±۰/۰۰۳^{a}	۲/۹۴۴±۰/۰۰۸^{a}	۳/۰۳۳±۰/۰۰۶^{a}	۳/۰۷۴±۰/۰۰۴^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>۰/۰۵$).

نتایج pH

نتایج میزان pH نمونه‌های فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پاکت‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر در جدول ۵ نشان داده شده است. مطابق با نتایج میزان pH فلفل قرمز بسته‌بندی شده طی مدت زمان نگهداری، روند تغییرات pH برای کلیه تیمارها یکسان بوده و نیز در مدت زمان نگهداری در روزهای مختلف افزایش در میزان pHمشاهده شده است. نتایج میانگین تیمار در زمان نگهداری نشان داد که بالاترین میانگین تیمار در زمان pH (۷/۲۰) متعلق به P_3G_5، بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس و پاکت ۴ لایه ۱۱۲ میکرون بود. کمترین میانگین تیمار در زمان pH (۶/۹۴) متعلق به P_2G_1، بسته‌بندی تحت‌شرایط ۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن با پاکت ۴ لایه ۱۱۶ میکرون به خود اختصاص داده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس pH (جدول ۶) نتایج آزمایشات نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری تفاوت کاملا″ معنی‌داری بر pH فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده داشتند ($p<۰/۰۱$). اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه تاثیر معنی‌داری بر pH فلفل‌های قرمز بسته‌بندی شده نشان ندادند ($p>۰/۰۵$).

جدول ۵- مقایسه میانگین میزان pH فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه

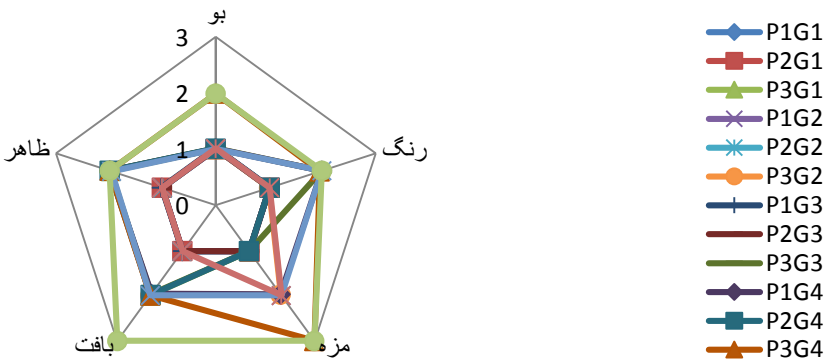
تیمار	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱	روز ۲۸
P1G1	٦/٨٩±٠/١٣^{a}	٦/٩٤±٠/١٤^{a}	٧/٠٠±٠/١٤^{a}	٧/١٠±٠/١٤^{ab}
P2G1	٦/٧٩±٠/١٣^{a}	٦/٩٠±٠/١٣^{a}	٦/٩٩±٠/١٥^{a}	٧/٠٧±٠/١٤^{b}
P3G1	٦/٩٨±٠/١١^{a}	٧/٠٢±٠/١٤^{a}	٧/٠٤±٠/١٤^{a}	٧/١٤±٠/١٤^{ab}
P1G2	٦/٩١±٠/١٣^{a}	٦/٩٧±٠/١٣^{a}	٧/٠٣±٠/١٤^{a}	٧/١٣±٠/١٤^{ab}
P2G2	٦/٩٠±٠/١٤^{a}	٦/٩٣±٠/١٢^{a}	٧/٠٠±٠/١٤^{a}	٧/١٠±٠/١٤^{ab}
P3G2	٦/٩٩±٠/١١^{a}	٧/٠٣±٠/١٤^{a}	٧/٠٨±٠/١٤^{a}	٧/١٨±٠/١٤^{ab}
P1G3	٦/٩٥±٠/١٤^{a}	٦/٩٨±٠/١٣^{a}	٧/٠٧±٠/١٤^{a}	٧/١٧±٠/١٤^{ab}
P2G3	٦/٩١±٠/١٤^{a}	٦/٩٤±٠/١٢^{a}	٧/٠٤±٠/١٤^{a}	٧/١٥±٠/١٤^{ab}
P3G3	٧/٠٢±٠/١٤^{a}	٧/٠٥±٠/١٣^{a}	٧/١٠±٠/١٤^{a}	٧/٢٠±٠/١٤^{ab}
P1G4	٦/٩٧±٠/١٣^{a}	٧/٠٠±٠/١٤^{a}	٧/١٢±٠/١٤^{a}	٧/٢٤±٠/١٤^{ab}
P2G4	٦/٩٢±٠/١٣^{a}	٦/٩٩±٠/١٤^{a}	٧/٠٩±٠/١٤^{a}	٧/٢٠±٠/١٤^{ab}
P3G4	٧/٠٣±٠/١٤^{a}	٧/٠٦±٠/١٣^{a}	٧/١٩±٠/١٤^{a}	٧/٢٧±٠/١٤^{ab}
P1G5	٧/٠٠±٠/١٤^{a}	٧/٠٣±٠/١٤^{a}	٧/١٥±٠/١٤^{a}	٧/٣٠±٠/١٤^{ab}
P2G5	٦/٩٩±٠/١٤^{a}	٧/٠٠±٠/١٤^{a}	٧/١١±٠/١٤^{a}	٧/٢٧±٠/١٤^{ab}
P3G5	٧/٠٥±٠/١٤^{a}	٧/٠٧±٠/١٤^{a}	٧/٢٧±٠/١٤^{a}	٧/٤٠±٠/١٤^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>۰/۰۵$).

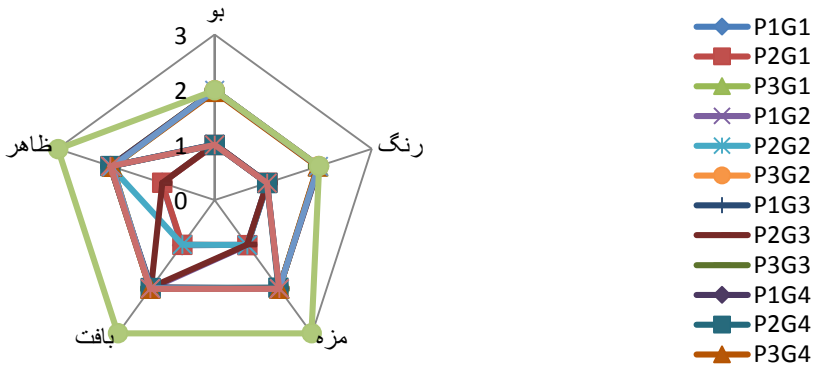
ارزیابی حسی

نتایج مقایسه تیمارهای مختلف نشان داد که با توجه به نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری در فلفل قرمز بسته‌بندی شده اثرات قابل قبولی بر خصوصیات حسی ظاهر، بافت، مزه، بو، رنگ داشت. با توجه به شکل ۱ و جدول ۷، نتایج اثر متقابل دو جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر × زمان نگهداری) بر صفات حسی در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ نشان داد که تیمار نمونه بسته‌بندی شده در پاکت ۱۱۲ میکرون حاوی دو

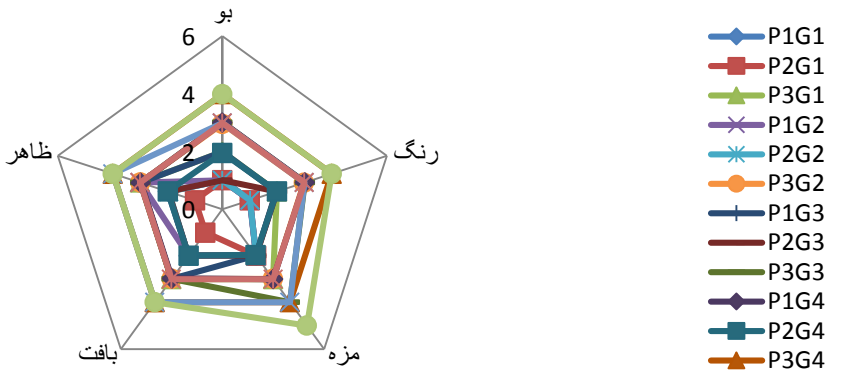
لایه پلی‌پروپیلن بدترین وکمترین و تیمار نمونه بسته‌بندی شـده با پاکت ۱۱۶ میکرون حاوی دو لایه پلی‌استر بهترین و بیشـترین اثر را روی حفظ خواص حسـی گذاشـتند. از طرفی نتـایج اثر متقـابـل دو جـانبه (ترکیب گازی × زمان نگهداری) بر صـفات حسـی در روزهای ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸، حالت شـاهد (بسـته‌بندی بدون گاز و اسـانس) بیشترین و بـدترین امتیـاز ارزیـابی حسـی و ترکیب گاز G1 همراه اسـانس میخک کمترین امتیاز ارزیابی حسـی و بهترین اثر را روی صفات حسی به خود اختصاص داد. نتایج اثر متقابل دو جـانبـه (ترکیب گازی × نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر)، بر صـفات حسی نشان داد که نمونه بسته‌بندی شده در پاکت ۱۱۲ میکرون و شـــاهد (بدون گاز و اســـانس)کمترین و بدترین اثر و نمونه بسته‌بندی شده در ۴ لایه ۱۱۶ میکرون به همراه ترکیب گاز G1 و اســـانس میخک بیشـــترین و بهترین اثر را روی خواص حسی گذاشتند. مدت ماندگاری فلفل قرمز در پاکت P_2 تحت شرایط ترکیبات گازی G1، G3و G2 ۲۸ روز، ۲۴روز و ۲۰ روز و تحت شـــرایط خلأ ۱۷ روز و در نمونـه شـــاهد ۱۳ روز بود. پاکت P_1 تحت شرایط ترکیبات گازی G1 ۲۲ روز و با ترکیب G3 و G2 ۲۰ روز و ۱۵ روز و تحت شـــرایط خلأ ۱۳ روز و در نمونه شـــاهد ۱۰ روز و همراه با پاکت P_3 تحت شـــرایط ترکیب گازی G1 ۲۰ روز و تحت شـــرایط گازی G3 و G2 ۱۸ روز ۱۳ روز و تحت شـرایط خلأ ۱۰ روز در نمونه شـاهد ۸ روز گزارش شد.



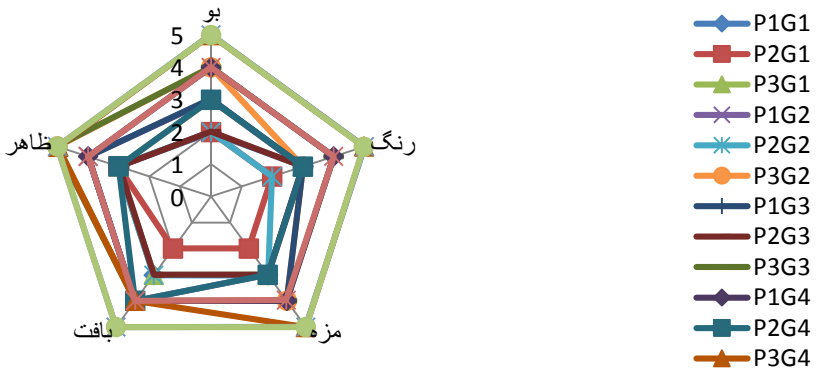
الف: روز ۷ ام نگهداری



ب: روز ۱۴ ام نگهداری



ج: روز ۲۱ ام نگهداری



د: روز ۲۸ ام نگهداری

شکل ۱- ارزیابی حسی فلفل قرمز بسته‌بندی شده همراه اسانس میخک هندی تحت اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه در زمان‌های مختلف نگهداری

الف: روز ۷ ام نگهداری ب: روز ۱۴ ام نگهداری ج: روز ۲۱ ام نگهداری د: روز ۲۸ ام نگهداری

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس تأثیر لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری بر تعداد باکتری‌های هوازی، تعداد قارچ‌های هوازی و بی‌هوازی، آب تراوش شده و pH در فلفل قرمز

نوع منبع تغییرات (SOV)	باکتری هوازی		کپک		مخمر		pH	
	(F)	(P)	(F)	(P)	(F)	(P)	(F)	(P)
اثر لفاف (P)	۱۷/۰۵۶**	۰/۰۰۰	٦٦٨/٩٩٩**	۰/۰۰۰	۱۰۷/۱۳۷**	۰/۰۰۰	٦/٦٤٦**	۰/۰۰۲
اثرشرایط بسته‌بندی (G)	١٦٠٨/٧٢٧**	۰/۰۰۰	١٤٦٠/٧٦٢**	۰/۰۰۰	٦١٩/٩٨٠**	۰/۰۰۰	٥/٩٨٠**	۰/۰۰۰
اثر زمان نگهداری (Z)	١٩٠٢/٨٣٨**	۰/۰۰۰	٥٤١/٢٧٣**	۰/۰۰۰	۳۰۱/۹۰۹**	۰/۰۰۰	۲٥/٨٠٩**	۰/۰۰۰
اثر متقابل (G×P)	۰/٤٩٤^{ns}	۰/۸٥۹	۱۷/۰۹۲**	۰/۰۰۰	۷/۰۸۰**	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹^{ns}	۱/۰۰۰
اثر متقابل (Z×P)	۱/۰۰۹^{ns}	۰/٤۲۳	۲٦/٦٥۳**	۰/۰۰۰	٦/۲۱۹**	۰/۰۰۰	۰/۰۳٤^{ns}	۱/۰۰۰
اثر متقابل (Z×G)	٤۰/۸٤۲**	۰/۰۰۰	۱۰/٦۹۹**	۰/۰۰۰	۱٥/٥۸۷**	۰/۰۰۰	۰/۲۹۰^{ns}	۰/۹۹۰
اثرمتقابل (Z×G×P)	۰/۸٦٤^{ns}	۰/٦٤۹	۳/۱٦۷**	۰/۰۰۰	۱/٤۲۹^{ns}	۰/۱۰۸	۰/۰٦۳^{ns}	۱/۰۰۰

علامت ** نشان‌دهنده تفاوت کاملاً معنی‌دار ($p<۰/۰۱$)

علامت * نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($۰/۰۱<p<۰/۰۵$)

علامت ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری ($p>۰/۰۵$)

جدول ۷- جدول تجزیه واریانس (MS) صفات ارزیابی حسی در فلفل قرمز

نوع منبع تغییرات (SOV)	MS				
	عطر و بو	رنگ	بافت	طعم و مزه	ظاهر
اثر لفاف (P)	۱۳/٤٤۲**	۱۰/۸۱٤**	۸/۹۳۲**	۱۲/۳۳٤**	۱۰/۸۲٥**
اثرشرایط بسته‌بندی (G)	٦/۷۱۲**	۷/۱۷٦**	٦/۰۰۸**	۸/۳۹۰**	٤/۳۷۸**
اثر زمان نگهداری (Z)	۳۰/۲۰۱**	۲۸/۸۰٥**	۲۷/۹۰٥**	۲۹/۸٦٤**	۳٤/۸٥۰**
اثر متقابل (G×P)	۰/۲٥۹**	۰/٤۲۷**	۰/۲۳٥**	۰/۲۸۱**	۰/۱۱۰**
اثر متقابل (Z×P)	۰/۹۳۰**	۰/٦۲۸**	۰/٥۸۲**	۰/٥۹٤**	۰/٦۱۱**
اثر متقابل (Z×G)	۱/۰۸٤**	۰/۸۳۰**	۰/۳۸٤**	۰/۳۲٦**	۰/٤۲۳**
اثرمتقابل (Z×G×P)	۰/۲۱۲**	۰/۱٦۱**	۰/۲۳٦**	۰/۲۸۰**	۰/۳۳۱**

علامت ** نشان‌دهنده تفاوت کاملاً معنی‌دار ($p<0/01$)

علامت * نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($0/01>p>0/05$)

علامت ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری ($p>0/05$)

بحث

با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت تاثیر سه‌گانه ترکیبات گازی همراه تزریق اسانس میخک هندی، زمان و لفاف‌های مختلف ۴ لایه بر روی شمارش باکتری‌های هوازی پاتوژن، کپک‌ها، مخمرهای بی‌هوازی، نمونه‌های فلفل در کل تیمارهای روزهای هفتم، چهاردهم و بیست و یکم آزمایش روند افزایشی ولی کند داشته ولی در روز بیست و هشتم افزایش معنی‌دار با شدت بالاتری حاصل گردید به گونه‌ای که بیشترین شمارش میکروبی روز در ۲۸ام در نمونه بسته‌بندی شده پاکت ۴ لایه ۱۱۲ میکرون و بدون گاز بود. علت افزایش میکروب‌ها (باکتری و قارچ)، امکان تکثیر میکروارگانیسم‌ها طی مدت نگهداری و عدم به‌کارگیری ترکیب گازی و بسته‌بندی مناسب (علی‌رغم ضخامت بالا) به عنوان عامل بازدارنده رشد و تکثیر آن‌ها است و کمترین شمارش میکروبی در این روز در نمونه بسته‌بندی شده پاکت ۴ لایه ۱۱۶میکرون به همراه ترکیبات گاز G1 و نیز G3 و سپس نمونه بسته‌بندی شده پاکت ۴ لایه ۱۰۴ میکرون به همراه ترکیب گاز G1 است که علت کاهش شمارش میکروبی اتمسفر مطلوب‌تر در کنار اسانس میخک جهت تشدید میکروب‌کشی است. این دو فاکتور از تکثیر باکتری‌ها و قارچ‌های فلفل در فاز لگاریتمی جلوگیری کرده‌اند و فاز لگاریتمی را به شدت در کلیه نمونه‌های حاوی ترکیب گازی و اسانس نسبت به شاهد به تأخیر انداخته است لذا رشد میکروبی در محدوه استاندارد قرار گرفته است. همچنین لفاف بسته‌بندی ۱۱۶ میکرون با ضخامت بالاتر و قابلیت نفوذپذیری کم به بخار آب، اکسیژن و سایر گازها به طور چشم‌گیری موفق به کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها شده است.

نتایج پژوهش در مورد تاثیر مقدار O_2 و CO_2 در اتمسفر تغییر یافته بر تنفس، رسیدن و قابلیت نگهداری سیب، گلابی و انگور نگهداری شده در یخچال نشان داد که O_2 کم و CO_2 نسبتاً زیاد در اتمسفر تغییر یافته سرعت واکنش‌های تخریب کننده را تقلیل می‌دهند که با نتایج این تحقیق همسو است (۲۲). در پژوهشی گزارش نمودند که کپک بر روی گوشت می‌تواند رشد کند اما با استفاده از گاز دی‌اکسید کربن رشد آنها به تأخیر می‌افتد و با افزایش میزان گاز دی‌اکسید کربن در بسته‌بندی از رشد کپک‌ها جلوگیری شده است (۲۳). نتایج بسته‌بندی سه رقم گیلاس تحت اتمسفر اصلاح شده نشان داد اثر اتمسفر با ترکیب گازی حاوی ۵۰ دی‌اکسید کربن توانسته پوسیدگی را کاهش و سفتی بافت میوه را افزایش دهد و نیز خشکیدگی دم میوه نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته و در نهایت باعث حفظ کیفیت هر سه رقم گیلاس شده

است (۲۴). نتایج تاثیر غلظت‌های مختلف اکسیژن و دی اکسید کر بن را بر فرایندهای فیزیولوژیکی و کیفیت و انبارداری گیلاس مشخص کرد که ترکیب ۵ درصد اکسیژن و ۱۰ درصد دی‌اکسید کربن (نوع غیر فعال) بیشترین تاثیر را در جلوگیری از آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز و پراکسیداز داشته و از قهوه‌ای شدن بافت میوه نیز جلوگیری کرده است. ضمنا پوسیدگی را کاهش و سفتی بافت میوه را افزایش داده است (۲۵). در مطالعه‌ای نتایج تیمارهای چند مرحله‌ای شامل ترکیب پیش تیمار آب گرم (دمای ۵۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه) و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده حاوی ترکیب گازی O_2 و CO_2 بر روی کیفیت نگهداری گوجه گیلاسی نشان داد ترکیب این دو روش تاثیر بیشتری در کیفیت میوه‌ها و کند شدن سرعت رشد میکروبی نمونه‌های بسته شده در پاکت‌های پلیمری داشته است (۲۶). در مطالعه ای اثر هارپین (غلظت ۵۰ گرم در ۱۰۰ لیتر) و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده تحت ترکیب گازی O_2 و CO_2 را بر کیفیت گوجه‌های گیلاسی بسته شده در پاکت‌های پلاستیکی نفوذپذیر نشان داد وزن از دست رفته و رشد میکروبی در گوجه‌های حاوی اتمسفر نرمال بالاتر از روش اتمسفر اصلاح شده بود و تغییرات pH در نمونه‌های گوجه در طول مدت نگهداری زیاد بوده است (۲۷). استفاده از بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده و خلا برای افزایش ماندگاری ماده غذایی پروتینی نمک سود شده به همراه لفافی که دارای نفوذپذیری کمتری به گازها باشد می‌تواند از طریق ممانعت در رشد و تکثیر باکتری‌های گرم منفی *سودوموناس* و دیگر سایکروتروف‌های گرم منفی موجب افزایش قابل‌توجهی در ماندگاری این غذاها گردد (۲۸). در پژوهشی اثر شرایط بسته‌بندی با سه نوع مخلوط گازی شامل (O_2 و N_2 و CO_2) و نیز بسته‌بندی خلا در پوشش‌های پلیمری مختلف بر روی رشد میکروبی و خواص حسی گوجه گیلاسی در مدت ۲۸ روز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مشخص کرد که بهترین شرایط نگهداری مربوط به لفاف ۴ لایه و ترکیب گازی ۷۰ درصد CO_2 بوده که موجب افزایش ماندگاری با حفظ خواص حسی شده و تا چهار هفته تعداد باکتری‌ها و قارچ‌ها این محصول در محدوده استاندارد گزارش شد (۲۹).

با توجه به نتایج ارائه شده بیشترین مقدار تغییرات pH و اعداد ارزیابی‌های حسی در کل بسته‌بندی‌ها مربوط به نمونه شاهد بدون گاز و اسانس در بسته ۱۱۲ میکرون حاوی دو لایه پلی‌پروپیلن و سپس در خلا و کمترین مقدار pH و اعداد ارزیابی‌های حسی به ترتیب در G1 در بسته ۱۱۶ میکرون و سپس در بسته ۱۰۴ میکرون در طول مدت نگهداری بود. در حقیقت نوع اتمسفر G1 و G3 به همراه اسانس میخک هندی و پاکت P2 بهترین اثر را طی بیست و هشت روز روی تغییرات pH و خواص حسی داشته است. علت آن افزایش غلظت CO_2 است که موجب افزایش تولید اسیدکربنیک حاصل از ترکیب دی‌اکسید کربن با آب آزاد موجود در فلفل گردیده و به عبارتی اسید کربنیک از غشاء سلولی میکرواورگانیسم وارد شده و در داخل سلول یونیزه می‌شود و با به هم زدن تعادل الکتریکی داخل سلول موجب مرگ میکروارگانیسم می‌گردد در نتیجه باعث کاهش pH نمونه فلفل در ترکیبات گاز G1 و G3 می‌گردد. لذا میزان pH در این دو ترکیب گازی کمتر از سایر تیمارهای بسته‌بندی طی زمان نگهداری بود و پاکت مذکور به خاطر ضخامت بالاتر و خاصیت نفوذپذیری کم سبب تشدید و کنترل اثر گاز روی خواص کیفی نمونه‌ها شده است. نمونه‌های تحت خلاء و شاهد به خاطر نبود گاز و نفوذپذیری بیشتر بسته ۱۱۲ میکرون تغییرات بیشتری در خواص حسی و مقدار pH را داشتند.

نتایج تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده غیر فعال و چهار نوع لفاف پلیمری مختلف را روی زمان ماندگاری پس از برداشت، سه واریته زردآلو مشخص کرد که در طی نگهداری میزان تنفس و سنتز اتیلن کاهش یافته و در پوششی که حداقل نفوذپذیری را نسبت به اکسیژن داشت، این کاهش تنفس و حفظ خواص حسی بهتر ارزیابی شده است (۳۰). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و کاهش غلظت اکسیژن، شدت تنفس و فعالیت‌های متابولیکی میوه را به حداقل می‌رساند و بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده با کاهش یا جلوگیری از فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه کننده پکتین موجب حفظ سفتی بافت میوه، کاهش تولید اتیلن و

حساسیت به آن، کند شدن روند نرم شدن میوه شده و رسیدگی را به تاخیر می‌اندازد، همچنین باعث حفظ خواص حسی و ویتامین‌های میوه می‌گردد (۳۱). در دو تحقیق هم‌سو بررسی عملکرد فیلم‌های پلیمری چند لایه نشان داد، که بسته‌بندی مواد غذایی تازه در لفاف چهار لایه حاوی آلومینیم نسبت به لفاف سه لایه دارای کمترین تغییرات pH در طول مدت نگهداری است که با نتایج این تحقیق در کنترل تغییرات pHمطابقت داشت (۱۵، ۱۶). طی پژوهشی از مخلوط دو گاز دی‌اکسید کربن و نیتروژن جهت افزایش مدت ماندگاری یک غذای دریایی فرآوری شده استفاده کردند. ایشان بیان کردند اثرات بسته‌بندی با غلظت بالای دی‌اکسید کربن به گونه‌ای است که میزان pH در نمونه‌ها در محدوده ۵/۷- ۵/۲ در مدت زمان نگهداری ثابت باقی مانده است (۳۲). در پژوهشی دیگر، اثر اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های پلیمری ۳ لایه و ۴ لایه را بر تغییراتpH گوشت تازه شترمرغ در یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد مورد مطالعه قرارگرفت. این آزمایشات بر روی تیمارهایی تحت شرایط اتمسفر کنترل شده با ترکیبات مختلف گازهای (نیتروژن و دی‌اکسید کربن) و خلاء، انجام گردید. با توجه به میزان نفوذپذیری کمتر بخارآب و اکسیژن در پوشش ۴ لایه و همچنین افزایش CO_2 تغییرات pH و خواص حسی کمتر شده و گوشت تازه شترمرغ به خوبی در زمان دو هفته حفظ گردید (۳۳). در پژوهشی، اثرات بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های پلیمری چند لایه بر روی آزمون شیمیایی pH و خواص حسی ماهی سفید دودی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مدت دو ماه بررسی شدند. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که اتمسفر حاوی ۷۰ درصد CO_2 نسبت به ۳۰ درصد CO_2 و شاهد باعث بهبود بیشتر خواص ارگانولپتیکی و کنترل pH همراه با کاهش رشد میکروبی شده است (۳۴). نتایج بررسی روی بسته‌بندی سه رقم گیلاس با اتمسفر اصلاح شده، نشان داد اتمسفر اصلاح شده حاوی دی‌اکسید کربن بالا بار میکروبی را کاهش و با حفظ عطر و طعم و بافت و عدم خشکیدگی دم میوه و در نهایت باعث حفظ کیفیت سه رقم گیلاس شد که با نتایج خواص حسی این تحقیق مطابقت داشت (۳۵). نتایج استفاده از اسانس میخک هندی همراه با اتمسفر اصلاح شده و بر روی گیلاس‌های انبار شده نشان دادکه گیلاس‌ها با حفظ خواص حسی در مدت ۸ هفته در سردخانه نگهداری شدند (۱۰). در تحقیقی روی گوشت تازه بلدرچین، به نتایج مشابهی با این تحقیق دست یافتند ایشان خاطر نشان کردند که بسته‌بندی با لفاف چهار لایه کمترین تغییرات pH و بهترین خواص ارگانولپتیکی را ایجاد کرده است و این گوشت تا ۱۶ روز با حفظ خواص حسی نگهداری شد (۳۶). استفاده از سیستم‌های اتمسفر اصلاح شده برای افزایش زمان ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات در سال‌های اخیر رایج شده است. جمعیت انواع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا موجود در بسته ایمنی میکروبی مواد غذایی را دراین تکنیک تضمین می کند. بنابراین، نگرانی برای خطر رشد میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی و تولید سم در دماهای بالا و نیز بیماری‌های ناشی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا هوازی موجود در غذاهای یخچالی با pHهای مختلف وجود دارد. سیستم‌های بسته‌بندی فعال و ترکیب آن با عوامل آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی طبیعی این مهم رادر طول فرایند نگهداری با حفظ خواص ارگانولپتیکی فراهم می‌سازد (۳۷).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده منجربه توقف فساد به طور کامل نشده است اما پروسه فساد را به تعویق انداخت. شرایط بسته‌بندی تحت خلاء و نیز ۲۰ درصد CO_2 بر مدت ماندگاری تأثیر مشابهی داشتند. هرچه درصد CO_2 بالا می رود مدت ماندگاری نیز بالا می‌رود. وجود دی‌اکسید کربن به عنوان یک فاکتور اصلی ضد باکتریایی در اتمسفر اصلاح شده بود و میزان تأثیر گاز بستگی به غلظت اولیه و نهایی گاز درون بسته و درجه حرارت نگهداری و جمعیت اولیه میکروبی داشت که این اثر در کنار اسانس میخک تشدید شده است. طبق نتایج بهترین شرایط نگهداری متعلق به نمونه‌های موجود در پاکت‌های ۱۱۶ میکرون تحت ترکیب گازی (۸۰ درصد دی‌اکسید کربن + ۲۰ درصد نیتروژن) همراه اسانس میخک به میزان ۱/۵ درصد وزنی بود که تا ۲۸ روز عمر ماندگاری فلفل قرمز بسته‌بندی شده را افزایش داد. بسته‌بندی نمونه‌ها با پاکت‌های ۱۱۶ میکرون به دلیل نفوذپذیری و عبوربخار آب کمتر، همین‌طور نوع اتمسفر حاوی دی‌اکسید کربن کربن بالاتر همراه اسانس، کمترین تغییرات در pH و نیز کنترل

قابل‌توجه‌ای در رشد باکتری‌های هوازی پاتوژن، مخمرهای بی‌هوازی و کپک را ایجاد کرده است. خواص حسی نشان داد افزایش دی‌اکسید کربن همراه لفاف ۴ لایه اثر مطلوب‌تری بر بافت، بو، ظاهر، رنگ، طعم و مزه (به خصوص بافت و مزه) در شرایط اتمسفر اصلاح شده داشته است.

سپاسگزاری

مطالعه حاضر با حمایت‌های شرکت‌های پلاسموژن سلامت، پلاستیک ماشین الوان و صنایع بسته‌بندی گاماپک و اداره امور آزمایشگاه‌های گروه صنایع غذائی- پردیس کشاورزی دانشگاه تهران و گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد ورامین- پیشوا انجام گرفته است که بدین‌وسیله از رئیس و کلیه کارشناسان واحدهای مذکور تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1- Sanhya M. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. Journal of LWT - Food Science and Technology. 2010;43:381-392.

2- Jung H. Packaging for no thermal processing of food. Department of food science university of Manitoba. 2007.

3- Zand N, Mailova E. Retort Flexible Pouch Substitute for Packaging Ready to Eat Meal. Lambert Academic Publishing. Germany. Trends in Food Science & Technology. 2011;319-324.

4- Caleb O.J., Opara U.L., Witthuhn C.R. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. Journal of Food and Bioprocess Technology. 2012;5: 15-30.

5- Taylor A.A. Packaging fresh meat. In Developments in Meat Science, 3rd ed. Lawrie, R. (ed). Elsevier Applied Science publishers, London. 2008.

6- McMillin K.W. Modified Atmosphere Packaging. Food Safety Engineering (Part of the Food Engineering Series). 2020:693-718.

7- Hoeberichts F.A., Linus H.W., Plas V.D., Woltering E.J. Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. Postharvest Biology and Technology. 2002;26:125-133.

8- Jazayeri, Ghiyas-al-Din. Food Secrets. Siam Press. Amir Kabir Publications. 2008; 96-120. [In Persian]

9- Ahmadi A, Qaderi H. Diagnosis and management of pests and diseases of greenhouse products. Research Publications and Agricultural Education and Natural Resources (Tuck). Sarva Publications. 2013; 128-135. [In Persian]

10- Serrano M, Valero D. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2005;6:115-123.

11- Nematshahi M, Koshki V.A., Baharloo M, Khoshmanesh Asghari M, Pour Sharif L. 2013. Usage of packaging with modified atmosphere to increase the shelf life of fresh dates. 2nd National Conference on Food Science and Technology, Quchan, Iran. [In Persian].

12- Gharezi M, Joshi N, Sadeghian E. Effect of Post-Harvest Treatment on Stored Cherry Tomatoes. Journal of Natural Food Science. 2012;2(8):1-10.

13- Choi D.S., Park S.H., Seung R.C., Jin S.K., Ho H.C. The combined effects of ultraviolet-C irradiation and modified atmosphere packaging for inactivating *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and

21- Nielsen D, Hyldig G. Influence of handling procedures and biological factors on the QIM evaluation of whole herring (*Clupea harengus* L.). Food Research Internationa. 2004;37:975-983.

22- Ooraikul B, Stilles ME. Modified atmospher packaging of fruits and vegetables in:Modified Atmosphere packaging of Food. Ellis tbrwood.London. 1991:169-228.

23- Parry R.T. Introduction, In principles and application of Modified Atmosphere packaging of food, Parry .R.T (Ed). Blasckie Academic &Professional, Glasgow. 1993:1-18.

24- Skog S, Smith P. On-farm Modified atmosphere packaging of sweet cherries. Acta Horticulture. 2003;628:415-422.

25- Tian S, Jiang A. Response of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. Food chemistry. 2004;87:43-49.

26- Bulent A, Nuray A, Vedat S, Atilla E. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes, Journal of Food Quality. 2007;30: 896-910.

27- Bulent A, Nuray A, Vedat S, Atilla E. Effect of pre-harvest harpin and modified atmosphere packaging on quality of cherry tomato cultivars "Alona" and "Cluster", British Food Journal. 2012;114(2):180-196.

28- Zolfaghari M, Shabanpour B, Fallahzadehn S. The effect of salt and vacuum packaging on the shelf life of rainbow trout fillets during storage at 4^0C, Journal of Food Science and Technology, 2011;31:35-44. [In Persian]

29- Zand N, Zaki A, Nateghi L. Effects of modified atmosphere packaging and mu-

extending the shelf life of cherry tomatoes during cold storage. Food Packaging and Shelf Life. 2015;3:19-30.

14- Fagundes C, Moraes K, Pérez-Gago M.B., Palou L, Maraschin M, Monteiro A.R. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. Postharvest Biology and Technology. 2015;109:73-81.

15- Zand N, Mailova E. Combined packageeing material flexible packs characterristics dependence on changes of components composition and quantity. Processing s of Engineering Academy of Armenia. 2010;(7)1:129-132a. [In Russian]

16- Zand N, Mailova E. The strength of the weld seams of flexible packages depending on the sealing mode. Journal of Agro science. 2010;1-2:73-77b. [In Russian]

17- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2005. Characteristics and test methods of fresh vegetable and other products - The colony count method (aerobic; mold and yeast colonies counting). Iranian National Standard No. 7635. [In Persian]

18- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. Fruits and their products- measurement method of chemical and microbial properties. Iranian National Standard No. 12588. [In Persian]

19- Dawood A.A. (online). Physical and sensory characteristics of Najdi-camel meat. Meat science. 2002;39(1):59-69.

20- Goulas A.E., Kontominas M.G. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*), Biochemical and sensory attributes. Journal of Food Chemistry. 2007;100:287-296.

lti-layer flexible films on the growth of aerobic and anaerobic bacteria s and sensory properties of fresh cherry tomato. Iranian Journal of Biological Science. 2020;14(2):9-20.

30- Pretel M, Souty M. Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunus armeniaca*, L.). European Food Research and Technology. 2000;211:191-198.

31- Martinez D, Guillen S, Castillo S, Valero D, Serrano M. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. Journal of Food Science. 2003;68:1838-1843.

32- Mol S, Ucok Alakavuk D, Ulusoy S. Effects of modified atmosphere packaging on some quality attributes of a ready-to-eat salmon sushi. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2014;13(2):394-406.

33- Zand N, Hafez pour A. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Multi-layer Flexible Pouches on pH of Fresh Ostrich Meat. Journal of Entomology and Applied Science Letters. 2016;3(5):169-176b.

34- Zand N, Sakian Mohammadi A, Eshaghi M. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Multi-layer Flexible Films on pH of Smoked Kutum Fish (*Rutilus frisii kutum*). International journal of Aquatic Science. 2017;5(11):191-198.

35- Skog S, Smith P. On-farm Modified atmosphere packaging of sweet cherries. Acta Horticulture, 2003;628:415-422.

36- Zand N, Jabbari Sh. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Multi-layer Flexible Films on pH of Fresh Quail Meat. Microbiology Research Journal International. 2017;20(5):1-11.

37- McMillin K.W. Modified Atmosphere Packaging.Food Safety Engineering (Part of the Food Engineering Series). 2020:693-718.

Vol.1/No.3/Winter 2022/Pages 57-74 https://www.qafj.iauk.ac.ir

Effect of Modified Atmosphere Packaging, Clove (*Syzygium Aromaticum L.)* Essential Oil and Flexible Pouches on Microbial and Sensory Properties of Chili Pepper

Nazanin Zand[*1], Orang Eyvaz Zade[1], Reza Sedighi[2]
1-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
2-M.S, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
* Corresponding Author: n_zand2008@yahoo.com
Received: 6/11/2021, Accepted: 19/1/2022

Abstract
The effect of different concentrations of three types of gas mixtures (carbon dioxide, nitrogen, oxygen), as well as vacuum condition with clove (*Syzygium Aromaticum L.)* essential oil, and ordinary condition as control and also three kinds of flexible multilayer films for extending the shelf life of chili pepper in refrigerator conditions (4°C) were studied. Ordinary conditions as control packaging, were compared with four types of modified atmosphere packaging 1) 20% N_2 + 80% CO_2 , 2) 80% N_2+20% CO_2 , 3)%48 CO_2+48% N_2 +4% O_2, and 4) under vacuum, along with injection of clove essential oil (1.5% W_E/W_S). Samples were packaged in different flexible multi-layer pouches with no permeability of oxygen, $PET_{12}/AL_7/OPP_{20}/LLD_{65}$, PET_{12} /AL_7/PET_{12}/LLD_{80} and $OPP_{20}/AL_7/OPP_{20}/LLD_{65}$. Experiments were performed on samples as follows microbial test (aerobic count, mold and yeast count), chemical pH test and sensory evaluation at different times during 28 days. The results were analyzed in a completely randomized design using SPSS statistical software (Ver:26) and Duncan's multiple range test method, with a confidence level of 95% ($P < 0.05$). The best storage conditions belonged to the samples in the 4-layer container (116μ) under gas composition 80% CO_2 containing clove essential oil which were prolonged the shelf life of chili pepper up to 28 days and also had a favorable effect on the amount of pH, and sensory properties (texture, odor, appearance, taste and color) of samples, due to high antimicrobial properties of these factors were evaluated.

Keywords: Modified Atmosphere Packaging, Chili Pepper, Shelf Life, Flexible Multi-Layer Pouches