بررسی تاثیر دما، نوع بسته بندی و اتمسفر اصلاح شده بر خصوصیات کیفی گوجه فرنگی

رضا طباطبایی کلور[1*]، آرش ابراهیمیان[2]، سید جعفر هاشمی[3]

1- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
3- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: 93/2/23 **تاریخ پذیرش**: 93/7/8)

چکیده

نگهداری سبزی‌ها و میوه‌ها در کوتاه مدت و بلندمدت بطوری که تازگی محصول حفظ شود یکی از چالش های مهم فرایند پس از برداشت می باشد. در پژوهش حاضر، تاثیر نوع بسته‌بندی، اتمسفر اصلاح شده و دما بر کیفیت پس از برداشت گوجه فرنگی در طول دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها عبارت بودند از دو ترکیب گازی فعال (*88%N2 + 8%CO2 + 4%O2* و *88%N2 + 4%CO2 + 8%O2*) و غیر فعال، دو نوع پوشش پلی پروپیلن و پلی اتیلن و دو دمای نگهداری 1±4 و 2±20 درجه سانتی‌گراد. تاثیر تیمارهای مورد اشاره بر فاکتورهای درصد کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و *pH* گوجه فرنگی در پایان 20 روز از زمان نگهداری در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمایش فاکتوریل در سه تکرار بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ترکیب گازی، نوع پوشش و دما بر فاکتورهای مورد اشاره در سطح 1% معنی دار است. پوشش پلی‌پروپیلن به دلیل ضخامت کمتر و نفوذپذیری بیشتر به گاز اکسیژن نسبت به پوشش پلی اتیلن، باعث ایجاد اتمسفر مطلوب و حفظ بهتر خصوصیات گوجه فرنگی شد. همچنین، دمای 4 درجه سانتی‌گراد به دلیل کند نمودن کلیه فرآیندهای متابولیکی در حفظ خصوصیات کمی و کیفی گوجه فرنگی بهتر از دمای 20 درجه سانتی‌گراد بود. ترکیب گازی اول به دلیل داشتن *CO2* بیشتر و کم کردن تنفس برای گوجه فرنگی مناسب‌تر بود. گوجه فرنگی‌های نگهداری شده در پوشش پلی پروپیلن و ترکیب گازی اول (*88%N2 + 8%CO2 + 4%O2*) در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بهترین کیفیت را داشتند. بطورکلی نگهداری محصولات در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده سبب حفظ کیفیت محصولات و افزایش عمر ماندگاری آنها می‌شود.

کلید واژگان: گوجه فرنگی، بسته بندی، اتمسفر اصلاح شده، کیفیت

*مسئول مکاتبات: r.tabatabaei@sanru.ac.ir

1- مقدمه

امروزه فرآیند پس از برداشت از مهمترین چالش‌های مهندسین و محققین می باشد. یکی از این چالش‌ها، در اختیار قراردادن میوه ها و سبزی های تازه و بدون ضایعات به دست مصرف کننده و همچنین حفظ ماندگاری بیشتر آنها می باشد. میوه‌ها و سبزی‌ها حتی پس از برداشت نیز تنفس می‌کنند. سرعت تنفس میوه‌ها و سبزی‌ها بسیار بیشتر از دانه‌ها است. در سبزی‌ها و میوه‌ها به واسطه فعال بودن آنزیم‌ها و استفاده از ذخایر غذایی برای فعالیت‌های متابولیکی، محصول شروع به رسیدن می‌کند و در نتیجه تولید گاز اتیلن فرایند رسیدگی تسریع می‌گردد. در طی فرایند رسیدگی، شرایط اتمسفری اطراف میوه ابتدا کیفیت میوه را بهبود می‌بخشد اما به سرعت رو به زوال می‌رود. این فرایند بیوشیمیایی و متابولیکی را می‌توان با تغییر در شرایط محیطی اصلاح کرد[1].

محصولات کشاورزی با قابلیت ماندگاری زیاد دارای ارزش تجاری بالا هستند، با توجه به اینکه میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت به سرعت خراب شده و دچار افت کیفیت می‌شوند، پیدا کردن راهکاری برای بالا بردن ماندگاری و کیفیت این محصولات مورد توجه قرار گرفته است. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده یکی از اطمینان بخش‌ترین روش‌ها است که در حال حاضر مطالعات زیادی در مورد آن انجام می‌گیرد [2]. نگهداری با اتمسفر اصلاح شده منجر به نگهداری کیفیت و افزایش عمر انبارمانی و عمر قفسه‌ای محصولات می‌شود که در اثر کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی و همچنین کاهش رشد میکرواورگانیزم‌های بیماری‌زا می‌باشد [3].

سامی و مسعود (2007) تاثیر سیستم‌های مختلف بسته‌بندی بر زمان ماندگاری و کیفیت گوجه فرنگی در طول مراحل مختلف رسیدن را مورد بررسی قرار دادند. گوجه فرنگی‌های سبز در بسته‌های پلی اتیلن در مجاورت با یا بدون کلرید کلسیم، اسید بوریک و پرمنگنات پتاسیم بسته‌بندی شدند، که این هم جواری سبب بهبود عمر انبارداری تا بالای 96 روز در مقایسه با شاهد که 24 روز بود شد. همچنین میزان درصد کاهش وزن، محتویات مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های کنترل شده در مقایسه با شاهد پایین‌تر آمد[4]. باتو و تامپسون (1996) بر روی نگهداری گوجه فرنگی بسته‌بندی شده با لایه‌های پلی‌اتیلنی پژوهشی را انجام دادند. آن‌ها دو نوع گوجه فرنگی رسیده سبز و صورتی رنگ را در دو حالت فاقد بسته‌بندی و بسته‌بندی با لایه‌هایی به ضخامت‌های 20، 30 و 50 میکرون در دو دمای 13 و 20 درجه سانتی‌گراد به مدت 60 روز نگهداری کردند. تمام گوجه‌های صورتی رنگ پس از 30 روز در دمای 13 درجه سانتی‌گراد و 10 تا 13 روز در 20 درجه سانتی‌گراد بیش از حد رسیده و نرم شدند. گوجه‌های صورتی رنگ که با لایه‌های پلی اتیلنی با ضخامت 20 میکرون بسته‌بندی شده بودند، سفتی خود را در دمای نگهداری 13 یا 20 درجه سانتی‌گراد بعد از 60 روز نیز حفظ کرده بودند اما از بقیه تیمارهای بسته‌بندی نرم‌تر بودند. گوجه فرنگی‌های سبز بسته‌بندی شده با لایه‌های 20 و 30 میکرونی پس از 40 روز نگهداری در 20 درجه سانتی‌گراد و 30 روز نگهداری در 13 درجه سانتی‌گراد به حداکثر رنگ قرمز خود رسیدند. میوه‌های بسته‌بندی شده با لایه‌های بسته‌بندی شده با لایه 50 میکرون پس از گذشت 60 روز نگهداری در هر دو دما هنوز هم به حداکثر رنگ قرمز خود نرسیده بودند. تمام گوجه فرنگی‌های سبز بسته‌بندی شده با لایه پلیمری پس از 60 روز نگهداری در 20 و 23 درجه سانتی‌گراد سفتی خود را حفظ کردند. گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی نشده پس از 50 روز نگهداری در 13 درجه سانتی‌گراد و 20 روز در 20 درجه سانتی‌گراد سفتی خود را تا حد قابل پذیرش حفظ کرده بودند[5].

ناخسی و همکاران (1991) دریافتند که در گوجه فرنگی های بسته‌بندی شده در اتمسفر تعدیل یافته فعال، تغییر در میزان اسیدیته، مواد جامد محلول، بافت، رنگ و فعالیت پلی گالاکتوروناز، در مقایسه با میوه های بسته بندی نشده به تاخیر افتاده است[6]. بسته‌های لایه دار با خواص نفوذپذیری پایین

نسبت به بخار آب می‌تواند پوسیدگی گوجه فرنگی را افزایش دهد[7]. بسته بندی اتمسفر اصلاح شده برای کاهش سرعت فساد میوه و سبزی به کار می‌رود و این تکنیک معمولاً فراوری حداقلی نامیده می‌شود. یک مثال از این روش توسط لی و لی (1996) توصیف شد آن‌ها از لایه‌های پلی اتیلنی با دانسیته کم و ضخامت 27 میکرون برای نگهداری مخلوطی از هویج، خیار، سیر و فلفل سبز استفاده کردند. هوای پایدار داخل کیسه‌ها با دمای 10 درجه سانتی‌گراد 5/5 تا 5/7 درصد CO2 و 2 تا 2/1 درصد O2 بود[8].

نگهداری سبزی‌ها و میوه ها در کوتاه مدت و بلند مدت بطوری- که تازگی محصول حفظ شود یکی از چالش‌های مهم فرایند پس از برداشت می باشد. استفاده از سردخانه ها یکی از روش‌های متداول است اما بسیاری از محصولات پس از برداشت جهت تازه خوری به بازار منتقل می شوند که در این حالت برای حفظ کیفیت و افزایش طول مدت ماندگاری می توان محصول را در مقیاس‌های کوچک بسته‌بندی کرد و شرایط محیطی داخل بسته‌ها را کنترل کرد. هدف این پژوهش، بررسی تاثیر نوع پوشش، ترکیب گازی فعال و غیر فعال و همچنین دما بر فاکتورهای درصد کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH در طول دوره نگهداری گوجه فرنگی می باشد.

2- مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار 91 در آزمایشگاه پس از برداشت و صنایع غذایی دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. گوجه فرنگی قرمز بالغ رقم وندور[1] مورد استفاده در این پژوهش از گلخانه گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری تهیه شد. محصول در صبح روز آزمایش از گلخانه با کیفیت مطلوب و درجه یک برداشت شد و بلافاصله به آزمایشگاه پس از برداشت منتقل و در دمای 8 درجه سانتی‌گراد در یخچال قرار گرفت. برای بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده تعداد 6 عدد برای هر بسته از میان گوجه فرنگی‌های سالم، بدون لک، آلودگی و آثار خراشیدگی انتخاب شد. تمام محصولات در نظر گرفته شده برای تیمارهای مختلف آزمایش دو بار با آب شستشو شده و پس از خشک شدن در دمای محیط آزمایشگاه، آماده قرار گرفتن در پوشش‌ها شدند. تیمارهای شاهد شامل بسته‌هایی به تعداد 5 عدد از محصول بودند که عمل دربندی آن‌ها صورت نگرفته بود. دو نوع پوشش پلیمری پلی اتیلن با دانسیته پایین و پلی‌پروپیلن جهت بسته‌بندی گوجه فرنگی تحت اتمسفر اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفت. از دو روش ترکیب گازی فعال و غیر فعال برای بسته‌بندی محصولات استفاده شد. در روش فعال، سه نوع گاز اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن با دو ترکیب متفاوت از اتمسفر معمولی برای بسته‌بندی کردن تیمارها مورد استفاده قرار گرفت [9].

ترکیب گازی اول: گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن به نسبت 1، 2 به ترتیب در سطح 4% و 8% و بقیه گاز بی اثر نیتروژن (%4 O2 + %8CO2 + %88N2)

ترکیب گازی دوم: گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن به نسبت 2، 1 به ترتیب در سطح 8% و 4% و بقیه گاز بی اثر نیتروژن (%8O2 + %4CO2 + %88N2)

نمونه پس از توزین درون پوشش‌های تهیه شده قرار گرفته و با استفاده از دستگاه بسته‌بندی وکیوم[2] غذایی مدل *DZQ – 400/2E* تزریق گاز و عمل بسته‌بندی آنها صورت گرفت. در بسته‌بندی محصول به روش غیر فعال از دو نوع پوشش پلی اتیلن و پلی‌پروپیلن با منافذ میکرونی استفاده شد. برای ایجاد منافذ میکرونی از روش دستی و با سوزن انجام گرفت. قطر نوک سوزن‌ها با میکرومتر دیجیتال اندازه‌گیری شده و از بین آن‌ها سوزن با نوک 80 میکرون انتخاب شد. با دقت بسیار تعداد 6

1. Vendor

2. Vacuum

منفذ (3 منفذ در هر سمت) در بسته‌های پلیمری ایجاد شد. پس از قرار دادن محصول در هر دو پوشش، عمل بسته‌بندی با دستگاه انجام شد. برنامه دستگاه طوری تنظیم شد که گازهای درون منفذ را تخلیه کرده و بدون تزریق گاز عمل دربندی نمونه‌ها را انجام دهد. پس از بسته‌بندی کردن محصول با دستگاه، تمامی بسته‌ها توزین شده و بهمراه تیمارهای شاهد برای دو سطح دمایی انتخاب شدند. نیمی از بسته‌ها در دمای 1±4 درجه سانتی‌گراد در یخچال و نیمی دیگر در دمای 2±20 درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه پس از برداشت قرار گرفتند. برای ثابت نگه‌داشتن رطوبت نسبی در حدود 80-70%، یخچال و کف اتاق به صورت روزانه آب‌پاشی شد. وزن تمامی بسته‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد و در پایان دوره انبارمانی قبل از شروع آزمایشات، نمونه‌ها جهت بدست آوردن تغییرات وزن در طول نگهداری توسط ترازوی دیجیتال (*JADEVER, Taiwan*) با دقت 0/01 مورد توزین قرار گرفتند. درصد کاهش وزن نیز از روش پیشنهادی توسط مستوفی و نجفی (2003) محاسبه گردید[10].

برای تعیین میزان سفتی[3] میوه از یک دستگاه تست بافت میوه استفاده شد (مدل *FG-5000A*، شرکت لوترون، تایوان). نیروی فشاری توسط یک نفوذ کننده به شکل میله ای با نوک استوانه ای به قطر *mm* 8 و ارتفاع *mm* 5 که به انتهای نیروسنج متصل است اعمال شد. نفوذ در هر میوه در چهار نقطه در راستای دو قطر عمود برهم و در دو طرف میوه صورت گرفت. متوسط حداکثر مقادیر ثبت شده توسط ثبات دیجیتالی بر حسب نیوتن گزارش شد. سرعت نفوذ برای اندازه گیری خواص مکانیکی میوه‌ها *mm/s* 5 در نظر گرفته شد [11].

اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول[4] با دستگاه رفرکتومتر[5] مدل *PR-101* انجام پذیرفت، دستگاه ابتدا با استفاده از آب مقطر کالیبره شده و سپس دو قطره از آب میوه در عدسی دستگاه قرار داده شد و میزان مواد جامد محلول آن بر حسب درجه بریکس[6] بیان گردید. درصد اسیدیته قابل تیتراسیون[7] آب میوه با تیتر کردن آن با سود 0/1 نرمال محاسبه شده است. در این آزمون 5 میلی لیتر آب میوه صاف شده با آب مقطر به حجم *100cc* رسانده شد و در حضور معرف فنل فتالئین، با سود 0/1 نرمال تیتر شده است. هر میلی متر سود 0/1 نرمال معادل 0/0067 گرم اسید سیتریک در نظر گرفته شد[12]. *pH* عصاره با استفاده از یک *pH* متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. ابتدا *pH* متر با محلول‌های بافر 4/1، 7 و 9/2 کالیبره گردید، سپس عصاره میوه را در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکترودها در محلول، *pH* مورد نظر قرائت شد. پس از هر قرائت الکترود را با آب مقطر شست‌وشو و با کاغذ صافی خشک گردید [10]. این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی و با آزمایش فاکتوریل در سه تکرار طراحی شد. داده‌ها پس از جمع آوری، مرتب شده و به صورت فاکتور سه عامله با استفاده از نرم افزارهای *SAS* و *MSTATC* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح $P\leq 0.01$ انجام شد.

3- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات پوشش، دما و ترکیب گازی بر روی صفات مورد بررسی گوجه فرنگی در جدول (1) آورده شده است. نتایج نشان داد که اثرات اصلی و برخی از اثرات فاکتورها بر روی صفات اندازه گیری شده در سطح احتمال 5% یا 1% معنی دار است.

3. Firmness
4. Total Soluble Solids Content
5. Refractometer
6. Brix
7. Titratable Acidity

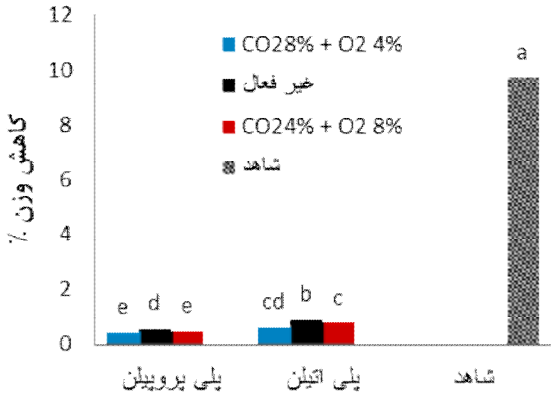
جدول 1 تجزیه واریانس تاثیر اتمسفر اصلاح شده بر روی صفات مورد بررسی در گوجه فرنگی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کاهش وزن (%)	سفتی بافت (N)	مواد جامد محلول (Brix)	اسیدیته قابل تیتر (%)	pH
پوشش	1	0/905**	0/0016**	0/018**	0/0003**	0/003*
دما	1	55/07**	4/79**	0/142**	0/0048**	0/034**
ترکیب گازی	3	107/72**	0/426**	0/023**	0/005**	0/032**
پوشش×دما	1	0/0001ns	0/00002ns	0/0005*	0/000008ns	0/001**
پوشش ×ترکیب گازی	3	0/061**	0/00037*	0/0002ns	0/0004*	0/0012**
دما×ترکیب گازی	3	32/63**	0/0076**	0/00032*	0/00029**	0/0015*
پوشش×دما×ترکیب‌گازی	3	0/003*	0/000025ns	0/00036*	0/00042*	0/0007**
خطا	32	0/00077	0/00009	0/0001	0/000009	0/00002
ضریب تغییرات		1/47	0/438	3/63	3/88	3/41

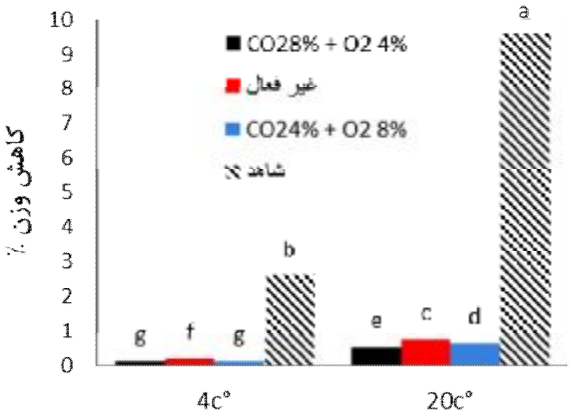
ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

درصد کاهش وزن

بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول 1) در رابطه با فاکتور کاهش وزن بیانگر این مطلب است که اختلاف معنی‌داری در سطح 1% بین پوشش‌های مختلف، ترکیب‌های گازی و دمای نگهداری وجود دارد. استفاده از پوشش پلی‌پروپیلن افت وزن کمتری را نسبت به پلی اتیلن به دنبال داشت و ترکیب گازی اول (4% O_2 + 8% CO_2) نیز موجب کاهش درصد افت وزن محصول نسبت به ترکیب گازی دوم (4% CO_2 + 8% O_2) گشت. نگهداری محصول در دمای 4 درجه سانتی‌گراد با کاهش 0/83% تاثیر مثبتی در ممانعت از کاهش وزن محصول نسبت به دمای 20 درجه سانتی‌گراد با کاهش 2/97% داشت. از میان اثرات متقابل دوگانه اثر پوشش و ترکیب گازی و دما و ترکیب گازی اثر معنی‌داری بر میزان کاهش وزن داشتند ($p\leq0.01$). ولی اثر متقابل پوشش و دما بر کاهش وزن محصول تاثیر معنی‌داری نداشت. شکل (1) اثر متقابل نوع پوشش و ترکیب گازی را نشان می‌دهد که پوشش پلی‌پروپیلن و ترکیب گازی اول (4% O_2 + 8% CO_2) کمترین میزان کاهش وزن را داشته است. درصد کاهش وزن در تیمار شاهد بسیار بیشتر از سه ترکیب گازی دیگر بود، به طوری که در همه تیمارهای با پوشش پلیمری و ترکیبات مختلف گازی کاهش وزن کمتر از 1% مشاهده شد. درصد پایین کاهش وزن احتمالا به دلیل نفوذپذیری کمتر ظرف بسته‌بندی بوده که اتمسفر اصلاح شده مناسبی برای حفاظت از میوه‌ها ایجاد نموده است [13]. طبیعت نفوذپذیری مواد بسته‌بندی رطوبت نسبی درون بسته‌ها را تغییر می‌دهد که منجر به کاهش اتلاف رطوبت و میزان تنفس محصول می‌شود. کاهش میزان تنفس سبب پایین آمدن درصد کاهش وزن محصول می‌شود [14]. در شکل (2) اثر متقابل ترکیب گازی و دما بر درصد کاهش وزن محصول مشاهده می‌شود که در دمای 4 درجه سانتی‌گراد دو ترکیب گازی با هم یکسان است اما بسته‌بندی غیر فعال از دو ترکیب گازی اتلاف وزن بیشتری دارد که ناشی از میزان تنفس بیشتر محصول در این تیمار می‌باشد. در دمای 20 درجه سانتی‌گراد ترکیب گازی اول (4% O_2 + 8% CO_2) کمترین میزان کاهش وزن را دارد. کاهش وزن کمتر در ترکیب گازی دارای میزان CO_2 بیشتر به دلیل میزان تنفس کمتر گوجه فرنگی در اتمسفر بسته‌هایی با میزان CO_2 بیشتر و O_2 کمتر می‌باشد [5].

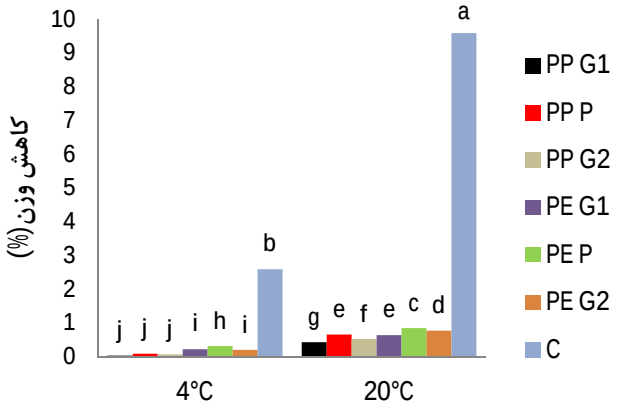


شکل 1 اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر درصد کاهش وزن گوجه فرنگی



شکل 2 اثر متقابل دما و ترکیب گازی بر درصد کاهش وزن گوجه فرنگی

اثرات متقابل سه‌گانه دما و ترکیب گازی و پوشش بر درصد کاهش وزن گوجه فرنگی در سطح 5% معنی‌دار بود. در بررسی اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی و دماهای مختلف نگهداری (شکل 3) پوشش پلی‌پروپیلن و دمای 4 درجه سانتی‌گراد در هردو ترکیب گازی فعال و غیر فعال اثر یکسانی داشته است اما در دمای 20 درجه سانتی‌گراد بین تیمارها اختلاف وجود دارد. به نظر می‌رسد که دما عامل تاثیرگذاری در کاهش اتلاف وزن می‌باشد.



PP G1 و PE G1 به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پوشش پلی اتیلن در ترکیب گازی $\%4\ O_2 + \%8CO_2 + \%88N_2$

PP P و PE P به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پلی اتیلن در بسته‌بندی غیر فعال

PP G2 و PE G2 به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پوشش پلی اتیلن در ترکیب گازی $\%8\ O_2 + \%4CO_2 + \%88N_2$

شکل 3 اثر متقابل دما و پوشش و ترکیب گازی بر درصد کاهش وزن گوجه فرنگی

کاهش وزن گوجه فرنگی به سبب از دست دادن آب از بسته به اتمسفر اطراف به جهت اختلاف فشار بخار از میان پوشش بسته‌بندی ایجاد می‌شود [5]. پوشش‌های بسته‌بندی با افزایش رطوبت نسبی محیط اطراف محصول و همچنین کاهش سرعت جریان هوا از سطح محصول و تشکیل یک لایه ساکن در اطراف محصول سبب کاهش اختلاف فشار بخار موجود بین محیط اطراف آن و بافت محصول و به دنبال آن کاهش تبخیر و از دست رفتن آب و کاهش وزن می‌شود [1]. ناخاسی و همکاران (1991) دریافتند که در گوجه فرنگی‌های بسته بندی شده در اتمسفر تعدیل یافته فعال، فعالیت پلی گالاکتوروناز به تاخیر افتاده و منجر به کاهش اساسی در از دست دادن وزن و فساد آن در مقایسه با میوه های بسته بندی نشده گردید[6]. سامی و مسعود (2007) نیز نشان دادند که میزان کاهش وزن در گوجه‌های بسته-

بندی شده با پوشش پلیمری در 96 روز انبارداری بسیار پایین‌تر از تیمار شاهد بود[4].

سفتی بافت

عوامل پوشش، دما و ترکیب گازی در سطح 1% بر میزان سفتی بافت گوجه فرنگی تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول 1). بررسی نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها گویای آن است که تمامی تیمارها در مدت نگهداری نرم‌تر شده و از سفتی بافت آن‌ها کاسته شد. بین پوشش‌ها، پوشش پلی اتیلن و بین دو دمای نگهداری، دمای 4 درجه سانتی‌گراد سفتی بافت محصول را بهتر حفظ کرد. کاهش تنفس و کاهش در از دست دادن رطوبت گوجه فرنگی در حفظ سفتی بافت در طول دوره انبارمانی نقش دارند. استفاده از پوشش و دمای مناسب در رسیدن به این هدف موثر می‌باشد [16و 17]. در پایان دوره انبارمانی ترکیب گازی اول ($4\%O_2 + 8\%CO_2$) بیشترین و شاهد کمترین حفظ سفتی بافت را داشتند. به نظر می‌رسد که نگهداری محصول در بسته-های با CO_2 بالاتر کاهش سفتی بافت کمتری دارد. این یافته با نتایج هرنر (1987) هم خوانی دارد که نشان داد نرم شدن گوجه فرنگی با کاهش تنفس به واسطه افزایش غلظت CO_2 به تاخیر می‌افتد[18].

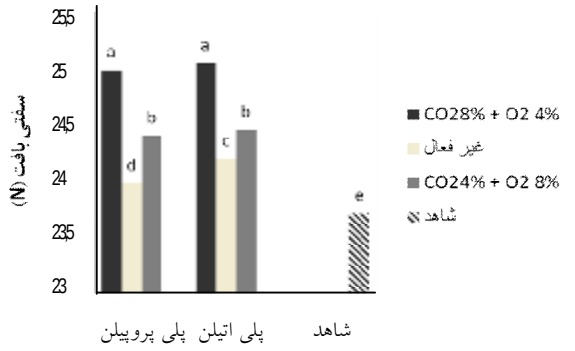
از میان اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه اثر پوشش و ترکیب گازی در سطح 5% و اثر دما و ترکیب گازی در سطح 1% بر میزان سفتی بافت تاثیر معنی‌دار داشتند (جدول 1). اثر متقابل پوشش و دما و اثر متقابل سه‌گانه پوشش و دما و ترکیب گازی تاثیر معنی‌داری بر میزان سفتی بافت نشان نداد. در بررسی اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی، دو پوشش پلی اتیلن و پلی‌پروپیلن در ترکیب گازی اول ($4\%O_2 + 8\%CO_2$) بهترین عملکرد در حفظ سفتی بافت داشتند (شکل 4). اثر متقابل ترکیب گازی و دما بر درصد کاهش وزن محصول نشان داد که ترکیب گازی غیر فعال در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بهتر از بقیه ترکیبات از نرم شدن بافت گوجه فرنگی جلوگیری کرد (شکل 5). که احتمالاً به سبب ایجاد شرایط اتمسفر مناسب در این دما برای محصول و جلوگیری از تبخیر و تعریق آن می‌باشد.

پلی گالاکتوروناز[8] (PG) و پیکتینازتارس[9] (PE) آنزیم‌های مهمی هستند که در نرم کردن بافت گوجه فرنگی به وسیله حل کردن اسید پلی گالاکتورونیک[10] در بخش پکتین دیواره سلولی در طول مدت رسیدن محصول درگیر می‌شوند [19]. در مرحله بلوغ گوجه فرنگی، فعالیت PG به طور تصاعدی افزایش یافته در حالی که سفتی بافت کاهش می‌یابد که این روند تصاعدی تنها در واکنش به اتیلن اتفاق می‌افتد [20]. در مدت انبارداری غلظت بالای CO_2 از تولید اتیلن در طول رسیدن گوجه فرنگی جلوگیری می‌کند [18].

مواد جامد محلول

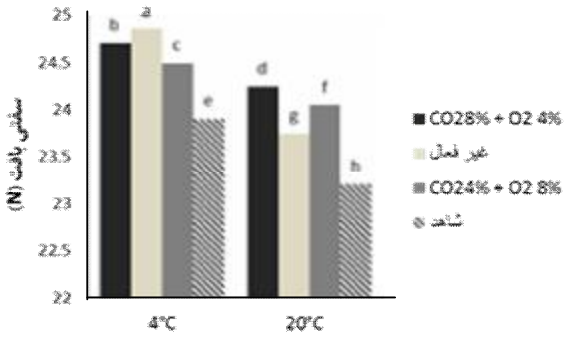
بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن است که تیمار دما، پوشش و ترکیب گازی در سطح 1% تفاوت معنی داری در میزان مواد جامد محلول گوجه فرنگی ایجاد نموده است (جدول1). مواد جامد محلول تمامی تیمارها پس از اتمام دوره انبارمانی افزایش یافت. که به نظر می‌رسد که در اثر تنفس محصول در طی زمان نگهداری و متابولیسم تبدیل نشاسته به قند می‌باشد.

دمای 4 درجه سانتی‌گراد در حفظ مواد جامد محلول بهتر از دمای 20 درجه سانتی‌گراد بود. می‌توان بیان کرد که میزان تنفس گوجه فرنگی در دمای 4 درجه کمتر از دمای 20 درجه بود.



شکل 4 اثر متقابل نوع پوشش و ترکیب گازی بر سفتی بافت گوجه فرنگی

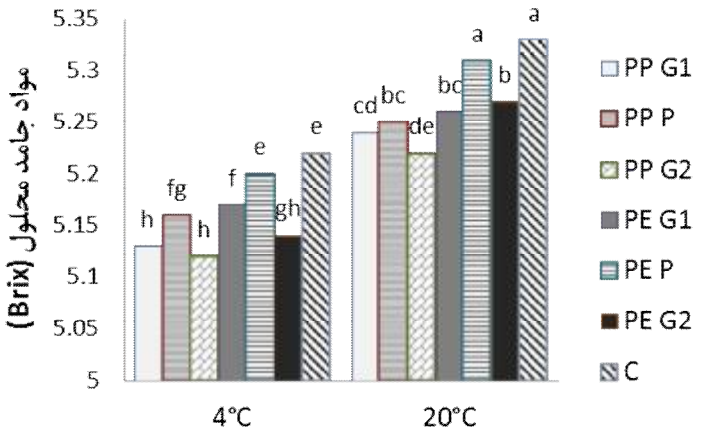
8. Polygalacturanase
9. Pectinastarese
10. Polygalacturonic acid



شکل 5 اثر متقابل دما و ترکیب گازی بر سفتی بافت گوجه فرنگی

میزان مواد جامد محلول در پوشش پلی‌پروپیلن و همچنین ترکیب گازی دوم ($8\%O_2 + 4\%CO_2$) کمترین میزان افزایش را داشت. اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی در طی مدت زمان نگهداری گوجه فرنگی بر میزان مواد جامد محلول تاثیر معنی‌داری نداشتند. اثرات متقابل دو گانه پوشش و دما ، دما و ترکیب گازی و اثر متقابل سه گانه پوشش و دما و ترکیب گازی در سطح 5% تفاوت معنی‌داری در میزان مواد جامد محلول ایجاد نمودند. پوشش پلی‌پروپیلن و دمای 4 درجه سانتی‌گراد مواد جامد محلول در گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده را بهتر حفظ نموده است. همچنین ترکیب گازی دوم ($8\%O_2 + 4\%CO_2$) و دمای 4 درجه سانتی‌گراد باعث حفظ مواد جامد محلول گشته است. در مجموع در بررسی اثر متقابل پوشش و دما و ترکیب گازی، پوشش پلی‌پروپیلن و ترکیب گازی دوم ($8\%O_2 + 4\%CO_2$) و دمای 4 درجه سانتی‌گراد بهترین عملکرد را در حفظ مواد جامد محلول نشان دادند (شکل 6).

حفظ مواد جامد محلول و جلوگیری از افزایش آن توسط بسته-بندی اتمسفر اصلاح شده در نتیجه ممانعت از سوخت و ساز مربوط به تبدیل نشاسته به قند می‌باشد استفاده از پوشش پلی اتیلن 50 میکرون در گوجه فرنگی، بعد از 60 روز نگهداری در انبار سرد، باعث حفظ مقدار قابل توجهی از مواد جامد محلول نسبت به نمونه‌های بدون پوشش شده است[21]. گوجه‌های بسته‌بندی شده در دمای 12 درجه سانتی‌گراد در پایان 20 روز انبارمانی مواد جامد محلول را به خوبی حفظ کردند[16]. مجیدی و همکاران (2011) نشان دادند که نگهداری گوجه فرنگی در تیمارهای بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) و انبارداری اتمسفر کنترل شده (CAS) با ترکیب گازی $3_{kpa}CO_2+$ $5_{kpa}O_2$)نسبت به انبارداری سرد مواد جامد محلول را در سطح بالاتری حفظ می‌کند[22]. کلارک و همکاران (1997) نیز نشان دادند که پوشش‌های بسته‌بندی بر حفظ مواد جامد محلول و تاخیر در رسیدن محصول تاثیر گذار می‌باشند[23].



PP G1 و PE G1 به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پوشش پلی اتیلن در ترکیب گازی $4\%O_2 + 8\%CO_2 + 88\%N_2$

PP P و PE P به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پلی اتیلن در بسته‌بندی غیر فعال

PP G2 و PE G2 به ترتیب پوشش پلی‌پروپیلن و پوشش پلی اتیلن در ترکیب گازی $8\%O_2 + 4\%CO_2 + 88\%N_2$

شکل 6 اثر متقابل دما و پوشش و ترکیب گازی بر مواد جامد محلول گوجه فرنگی

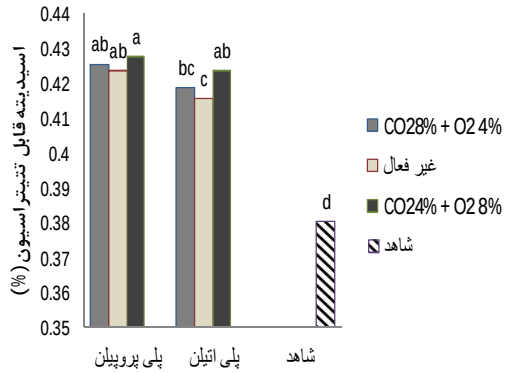
اسیدیته قابل تیتراسیون

اسیدیته قابل تیتراسیون معرف مقدار کل اسیدهای آب میوه است که به صورت درصد و بر اساس اسید آلی غالب میوه اندازه‌گیری می‌گردد. بررسی نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها (جدول 1)، نشان داد که تیمارهای دما، پوشش و ترکیب گازی تاثیر معنی‌داری در سطح 1% بر اسیدیته قابل تیتراسیون داشتند. به طوری که دمای 4 درجه سانتی‌گراد در حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون بهتر از دمای 20 درجه سانتی‌گراد بود و مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در پوشش پلی‌پروپیلن کاهش کمتری نسبت به پوشش پلی اتیلن نشان داد. در بررسی تاثیر ترکیب گازی بر اسیدیته قابل تیتراسیون مشاهده شد که تیمار شاهد بالاترین و ترکیب گازی دوم ($8O_2$ + %$4CO_2$) کمترین میزان کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون را داشتند.

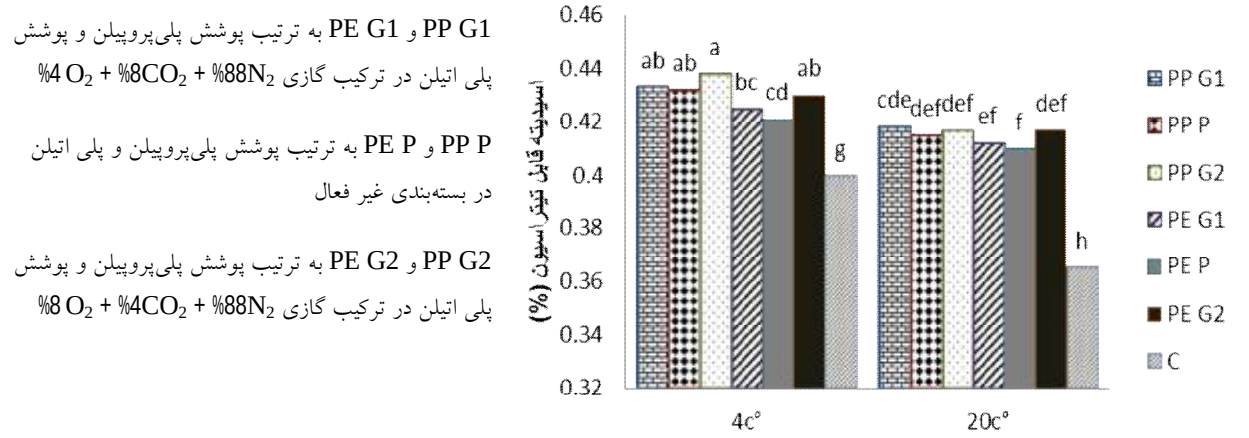
از میان اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه، اثر پوشش و ترکیب گازی و اثر متقابل سه‌گانه دما و پوشش و ترکیب گازی در سطح 5% و اثر دما و ترکیب گازی در سطح 1% بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون تاثیر معنی‌دار داشتند. اثر متقابل پوشش و دما تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون نشان نداد. شکل (7) اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی را نشان می‌دهد. پوشش پلی‌پروپیلن در ترکیب گازی دوم ($8O_2$ + %$4CO_2$) میزان کاهش پایین‌تری در اسیدیته قابل تیتراسیون داشت. تیمار شاهد بیشترین کاهش در اسیدیته قابل تیتراسیون را نشان داد. تغییرات میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در طی مدت انبارمانی در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به اثر ترکیب گازی بر سرعت تنفس محصول مربوط می‌باشد[14].

در بررسی اثر متقابل دما و ترکیب گازی بر اسیدیته قابل تیتراسیون مشاهده شد که تیمار شاهد در دمای 20 درجه سانتی‌گراد بیشترین کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون را داشت. در بررسی اثر متقابل سه‌گانه دما و پوشش و ترکیب گازی مشاهده شد که پوشش پلی‌پروپیلن در دو ترکیب گازی اول (%$8CO_2$ + %$4O_2$) و دوم (%$4CO_2$ + %$8O_2$) در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بهتر از سایر تیمارها در جلوگیری از کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون عمل کرد (شکل 8).

بر طبق نظر باتاچاریا (2004) اسیدیته قابل تیتراسیون اغلب به عنوان نشانه‌ای از بلوغ محصول به شمار می‌رود. اسیدیته قابل تیتراسیون در مرحله رسیدن میوه کاهش می‌یابد. کاهش اسید آلی در طول دوره انبارمانی ممکن است به تبدیل اسید ارگانیک به قند و مشتقاتش و یا بکارگیری آن‌ها در تنفس بستگی داشته باشد[24]. پس از 6 هفته انبارمانی گوجه فرنگی‌ها در دمای 12/8 درجه سانتی‌گراد، ترکیب گازی 3% O_2 و 3 تا 5% CO_2 نسبت به ترکیب گازی 3% O_2 و 0% CO_2 و تیمار شاهد از کاهش مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون جلوگیری کرد[18]. میزان اسیدیته در طول مدت انبارداری کاهش می‌یابد و این کاهش در نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر اصلاح شده در مقایسه با تیمار شاهد کندتر صورت گرفت[6]. در پژوهش‌های باتو و تامپسون (1996) بر روی گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر اصلاح شده در دمای 13 درجه سانتی‌گراد و همچنین مطالعات مجیدی و همکاران (2011) و تسدلن و بایندریل (1998) اسیدیته قابل تیتراسیون در پوشش‌های بسته‌بندی بهتر حفظ شد[21، 22 و16].



شکل 7 اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر اسیدیته قابل تیتراسیون گوجه فرنگی



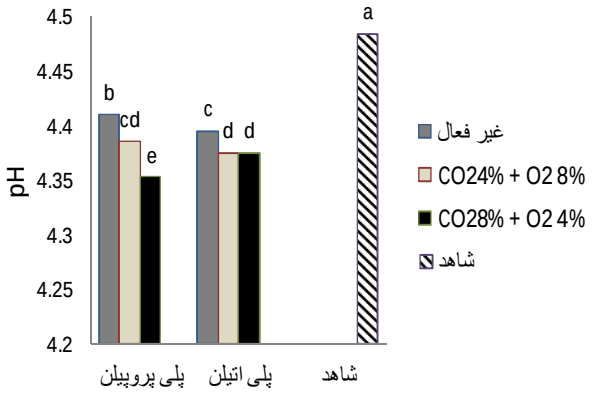
شکل 8 اثر متقابل دما و پوشش و ترکیب گازی بر اسیدیته قابل تیتراسیون گوجه فرنگی

pH

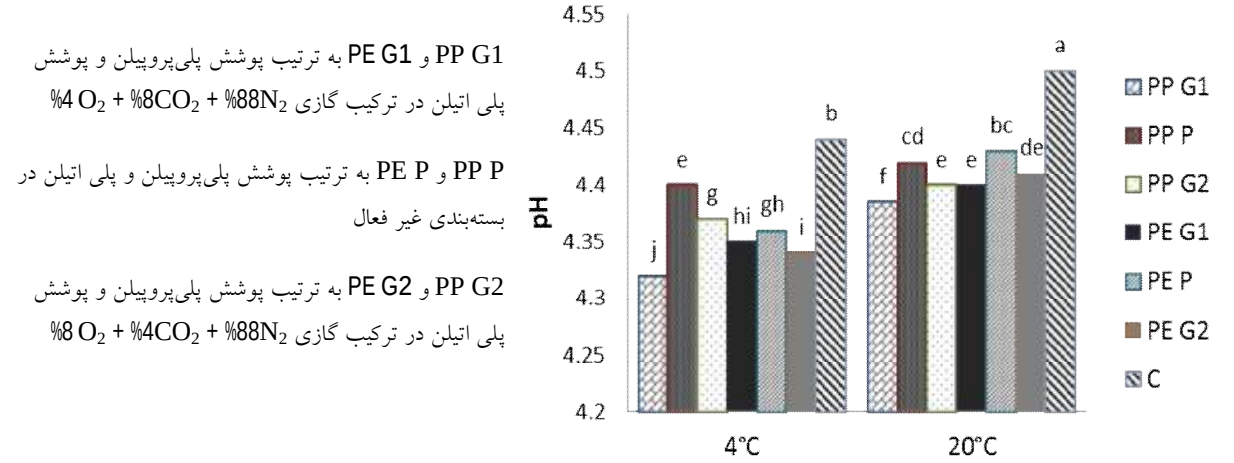
pH عصاره گوجه فرنگی در طول نگهداری آن در انبار تحت تاثیر پوشش، دما و ترکیب گازی بوده است و پوشش تاثیر معنی داری در سطح 5% و دما و ترکیب گازی تاثیر معنی داری در سطح 1% داشتند (جدول 1). میزان pH در گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده در پوشش پلی اتیلن افزایش بیشتری نسبت به گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌پروپیلن داشت و pH گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌پروپیلن به گوجه فرنگی تازه نزدیک‌تر بود. ترکیب گازی اول ($8\%CO_2$ + $4\%O_2$) در حفظ pH در سطح نزدیک به گوجه فرنگی تازه موفق‌تر بوده است. بین دو دمای نگهداری نیز، دمای 4 درجه سانتی‌گراد موثرتر بود. که این امر ناشی از شدت کم تنفس گوجه فرنگی‌ها در اتمسفر مطلوب ایجاد شده در پوشش پلی‌پروپیلن، ترکیب گازی اول و دمای 4 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

از میان اثرات متقابل دوگانه جز اثر دما و ترکیب گازی که اختلاف معنی داری در سطح 5% نشان داد، اثر متقابل سایر عوامل اختلاف معنی داری را در میزان pH نمونه‌ها در سطح 1% ایجاد نمودند. در بررسی اثر متقابل دما و ترکیب گازی مشاهده شد که تیمار شاهد بالاترین میزان افزایش pH را داشت. ترکیب گازی اول ($8\%CO_2$ + $4\%O_2$) در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بهترین حفظ pH را داشت. در اثر متقابل پوشش و دما، بین دو پوشش و دمای 4 درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما پوشش پلی‌پروپیلن در دمای 20 درجه سبب حفظ بهتر pH شد. در شکل (9) اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر میزان pH مشاهده می‌شود که پوشش پلی‌پروپیلن و ترکیب گازی اول پایین‌ترین میزان افزایش pH را داشتند. پیش از این کیدر و واتکینز (2000) اعلام کرده بودند که تفاوت بین pH در یافته-های محققین ممکن است به تاثیرات مختلف اکسیژن افزایش یافته روی سرعت تنفس در محصول وابسته باشد[14].

نتایج حاصل از تجزیه آماری اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که اثر ترکیب تیمارهای دما و پوشش و ترکیب گازی در سطح 1% دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. در شکل (10) اثر متقابل دما و پوشش و ترکیب گازی بر میزان pH گوجه فرنگی نشان داده شده است. چنین به نظر می‌رسد که پوشش پلی‌پروپیلن و ترکیب گازی اول در حفظ اتمسفر مطلوب در جهت کاهش تنفس و به تاخیر انداختن تغییرات کیفی از جمله pH بهتر از پوشش پلی اتیلن و ترکیب گازی دوم با میزان CO_2 کمتر بوده است.



شکل 9 اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر pH گوجه فرنگی



شکل 10 اثر متقابل دما و پوشش و ترکیب گازی بر pH گوجه فرنگی

4- نتیجه‌گیری

بررسی نتایج بدست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که پوشش پلی‌پروپیلن نسبت به پوشش پلی اتیلن توانایی بیشتری در حفظ خصوصیات کمی و کیفی گوجه فرنگی دارد. بر اساس نتایج چنین به نظر می‌رسد که پوشش پلی‌پروپیلن به دلیل ضخامت کمتر و نفوذپذیری بیشتر به گاز اکسیژن نسبت به پوشش پلی اتیلن، باعث ایجاد اتمسفر مطلوب و حفظ بهتر خصوصیات گوجه فرنگی شده است. از بین دو دمایی که آزمایش در آن‌ها صورت گرفت، دمای 4 درجه سانتی‌گراد به دلیل کند نمودن تنفس، تبخیر و تعرق و کلیه فرآیندهای متابولیکی در حفظ خصوصیات کمی و کیفی گوجه فرنگی بهتر از دمای 20 درجه سانتی‌گراد بود. ترکیب گازی اول به دلیل داشتن CO_2 بیشتر و کم کردن تنفس به واسطه افزایش CO_2 برای گوجه فرنگی مناسب‌تر است. به طور کلی پوشش پلی‌پروپیلن و ترکیب گازی اول $\%88N_2 + \%8CO_2 + \%4O_2$ در دمای 4 درجه سانتی‌گراد موثرترین ترکیب در افزایش عمر ماندگاری گوجه فرنگی می‌باشد.

5- منابع

[1] Thompson, A. K., Been, B. O. and Perkins, C. 1972. Handling, storage and marketing of plantains. Proceedings of the Tropical Region of the American Society of Horticultural science, 16, 205-212.

[2] Oraikul, B., and Stilles, M. E. 1991. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In: Modified Atmosphere Packaging of food, pp. 169-228. Ellisthrwood, London.

[3] Richard, C. 2003.Food packaging Technology. Blackwell Publishing. CRC Press. N.Y. 363P.

[4] Sami, S. and Masoud T. 2007. Effect of different packaging systems on storage life and quality of tomato (Lycopersicon esculentum var. Rio Grande) during different ripening stages. Internet Journal of Food Safety, Vol.9, 2007, p. 37-44.

[5] Batu, A. and Thompson, A. K. 1994. The effects of harvest maturity, temperature and thickness of modified atmosphere packaging films on the shelf life of tomatoes. Refrigeration International Symposium, June 8-10, Istanbul, Turkey, 305-316.

[6] Nakhasi, S., Schlimme, D. and Solomos, T. 1991. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. Journal of Food Science. 56(1) ,172-176.

[7] Geeson, J. D. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, Acta Horticultruae 258,143-150.

[8] Lee, K. S. and Lee, D. S. 1996. Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetable salad dish. International Journal of Food Science and Technology 31, 7-13.

[9] Saltveit, M. E. 2003. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere. Postharvest Boil. & Tec., 27: 3-13.
[10] Mostofi, Y. and Najafi, F. 2003. Laboratory methods in horticulture, First edition, Tehran, in Farsi.
[11] McGlone, V. A., and Jordan, R. 2000. Kiwifruit and apricot firmness measurement by the non-contact laser air puff method. Postharvest Biology and Technology, 19: 47-54.
[12] Maftoonazad, N. and Kamaswang, H.S. 2005. Post harvest shelf life extension of avocados using methyl cellulosbased coating. Food Science and Technology, 38: 617-624.
[13] Alique, R. and Alonso, J. 2003. Influence of the modified atmosphere packaging on shelf life and quality of sweet cherry. Eur. Food Technol. 217: 416-420.
[14] Kader, A. A., and Watkins, C. B. 2000. Modified atmosphere packaging toward 2000 and beyond. Hort. Technol. 10(3):483–6.
[15] Liu, Z. Q., Zhou, J. H., Zeng, Y. L., Ouyang, X. L. 2004. The enhancement and encapsulation of Araricus bisporus flavor. Jurnal of Food Engineering 65:391-396.
[16] Tasdelen, O. and Bayindirli, L. 1998. Controlled atmosphere storage and edible coating effects on storage life and quality of tomatoes, J. Food Proc. Pres 22, 303-320.
[17] Park, H. J., Chinnan, M. S., and Shewfelt R. L. 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes, J. Food Sci. 59(3) 568-570.
[18] Herner, R. C. 1987. Effect of carbon dioxide on wound ethylene production by fruit pericarp of rin mutant tomato. Thai J. Agric. Sci. 20, 57-64.
[19] Themman, A. P. N., Tucker, G. and Grierson, D. 1982. Degradation of isolated tomato cell walls by purified polygalacturonase in vitro. Plant Physiol. 69, 122-124.
[20] Grierson, D. and Tucker, G. A. 1983. Timing of ethylene and polygalacturonase synthesis in relation to the control of tomato fruit ripening. Planta. 157, 174-179.
[21] Batu, A. and Thompson, A. K. 1996. Effects of modified atmosphere packaging on postharvest qualities of pink tomatoes. Turkish J. of Agric. and Forestry. 22: 365-372.
[22] Majidi, H., Minaei, S., Almasi, M. and Mostofi, Y. 2011. Total soluble solids, titrable acidity and repining index of tomato in various storage conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 1723-1726.
[23] Clarke, R., Moor, C. P. and Gorny, J. R. 1997. The future in film technology, a tunable packaging system for fresh produce. Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Research Conference, California, USA. 65-75 pp.
[24] Bhattacharya, G. 2004. Served Fresh. Spotlight. Times Food Processing Journal. http://www.timesb2b.com/foodprocessing/dec03_jan04/spotlight.html.

Investigation on the effect of temperature, packaging material and modified atmosphere on the quality of tomato

Tabatabaekolor, R. [1*], Ebrahimian, A. [2], Hashemi, S. J. [3]

1. Associate professor, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran. Tel/Fax: 01513822740
2. M. Sc. student, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran. Tel/Fax: 01513822740
3. Assistant professor, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran

(Received: 93/2/23 Accepted: 93/7/8)

Freshness of vegetables and fruits in the short term and long term is one of the important challenges of postharvest process. In this research, the effects of packaging type, modified atmosphere and temperature on the post harvest quality of tomato were investigated during storage. The treatments were considered as modified atmosphere packaging (passive and active) with two gas combinations ($4\%O_2+8\%CO_2+88\%N_2$ and $8\%O_2+4\%CO_2+88\%N_2$), two types of package (polypropylene and polyethylene films) and two storage temperatures (4±1) and (20±2)ºC. The effects of above mentioned treatments were investigated using Completely Randomized Design with three replicates on the weight loss, firmness, soluble solids, titratable acidity and pH of tomato during 20 days storage. Analysis of variance results indicated that the effects of all treatments on the measured factors were significant ($p<0.01$). Tomatoes stored in polypropylene due to less thickness and more O_2 permeability preserved the quality of tomatoes better than those of polyethylene film. Also, storage temperature of (4±1)ºC maintained the quality of tomato much better than (20±2)ºC due to slow down metabolic activities. The first gas combination ($4\%O_2+8\%CO_2+88\%N_2$) was suitable due to higher CO_2 and respiration reduction. Tomatoes stored in polypropylene film and first gas combination at (4±1)ºC had the best quality after 20 days storage. In general, storage of products in the packages with modified atmosphere resulted in preserving quality and shelf life.

Keywords: Tomato, Packaging, Modified atmosphere, Quality.

[*] Corresponding Author E-Mail Address: r.tabatabaei@sanru.ac.ir