تأثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده فعال و پوشش لاکتات کلسیم بر کیفیت سالاد سبزیجات

مائده روحانی [۱]، ناصر صداقت [۲×]

تاریخ دریافت مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۷

چکیده

امروزه پذیرش وعده‌های سبزیجات در رژیم غذایی و تقاضا برای سبزیجات تازه و حداقل فرآیند شده، اهمیت ویژه‌ای را جهت حفظ ارزش‌های غذایی این محصولات تا زمان مصرف و افزایش زمان ماندگاری جهت در دسترس بودن، دارا می‌باشد؛ بروز خواص نامطلوبی مانند قهوه‌ای شدن، طعم بد، تجزیه بافت، تکثیر میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه کاهش زمان ماندگاری طی فرآوری‌ها (پوست‌گیری، شستشو، برش و...) در اثر افزایش تنفس، فعالیت آنزیمی و تعرّق و همچنین افزایش ضایعات این محصول، نشان‌دهنده نیاز صنعت تولید به بسته‌بندی‌های مناسب و کارامد برای این محصولات می‌باشد. شناخت و انتخاب مناسب فنّاوری‌های نوین بسته‌بندی، رشد سامانه‌های با دوام اقتصادی و افزایش پذیرش مصرف‌کننده، برای تحقق تجاری یک سامانه کارآمد بسته‌بندی ضروری است. استفاده از روش بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده[۱] به همراه پوشش خوراکی لاکتات کلسیم، با کاهش شدّت تنفس، به تأخیر انداختن نرم شدن و کاهش فساد میکروبی از عوامل بسیار تأثیرگذار در حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری سالاد سبزیجات می‌باشد. به کمک این فنّاوری قدرتمند می‌توان شاهد پیشرفت شایانی در صنعت بسته‌بندی سالاد سبزیجات باشیم، که هدف بسیاری از شرکت‌های مربوطه می‌باشد. در این مقاله به اثرات این دو روش بر روی کیفیت سبزیجات مصرفی در سالاد فصل پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده[۳]، سالاد سبزیجات، لاکتات کلسیم[۴]

۱- مقدمه

امروزه در جهان با توجّه به ازدیاد بیماری‌ها و سرطان و نقش مهم و اساسی سبزیجات در سلامت و جلوگیری از بیماری‌ها، سبزیجات به عنوان یکی از از اجزای ضروری یک رژیم غذایی محسوب می‌شوند[۱] .انواع سبزی‌های مورد استفاه در سالادها مانند کاهو، انواع کلم، هویج، خیار و گوجه فرنگی سرشار از فیبر، فولات و پتاسیم بوده که مصرف آن خطر ابتلاء به سرطان روده را کاهش می‌دهد؛ همچنین باعث کاهش فقر آهن و کاهش خطر ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب می‌گردد[۲] .

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد(maedeh.rohani@stu.um.ac.ir)

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(× نویسنده مسئول:Sedaghat@um.ac.ir)

3- Modified Atmosphere

4- Calcium Lactate

سبزیجات حاوی ترکیبات بسیاری از جمله فنولیک‌ها[1]، گروه‌های تیول[2]، کاروتنوئیدها[3]، توکوفرول[4] و گلوکوزینولات[5] هستند که می توانند اثرات محافظت شیمیایی از طریق اعمال انواع مکانیسم‌ها را داشته باشند [۳]. گوجه فرنگی یکی از شناخته شده‌ترین و بحث برانگیزترین نمونه‌ها در این زمینه محسوب می‌شود. هویج نیز سرشار از فیبر و منبع خوبی برای ویتامین (ث)، بتاکاروتن[6]، پتاسیم و ویتامین‌های گروه (ب) می‌باشد[۴].

کاهو به عنوان یکی از اجزای اصلی اکثر سالادها، دارای مصرف بالا و اهمیت اقتصادی می‌باشد. این نوع سبزی غنی از آنتی اکسیدان های طبیعی مانند کورستین[7]، کامفرول[8]، لوتئولین[9] و اسید آسکوربیک است. با توجّه به اینکه بخش اعظم سالاد سبزیجات از کاهو تشکیل شده است؛ به علت سطح زیاد برگ‌های کاهو و بالا بودن تبخیر آب، در صورت عدم وجود پوشش و بسته‌بندی مناسب و مجاورت با سایر محصولات، به سرعت پلاسیده، زرد و پیر شده و کیفیت و بازارپسندی خود را از دست می‌دهد؛ بنابرین حساسیت و آسیب پذیری زیاد در حین نگهداری و همچنین زمان ماندگاری کوتاه سالاد از دلایل بسیار تأثیرگذار بر میزان کم مصرف این محصول می باشد.

یکی از عوامل مؤثر در افزایش زمان ماندگاری سالاد سبزیجات و متعاقب آن افزایش تمایل افراد جامعه به مصرف، تمرکز و دقّت بیشتر بر روش بسته‌بندی می‌باشد، چرا که این محصول بیشترین درخواست را در میان محصولات همراه با غذای اصلی و یا به عنوان میان وعده‌های غذایی دارد [۸].

بنابرین نوع ماده و روش بسته‌بندی و شرایط نگهداری می‌تواند بر ماندگاری محصول بسیار اثرگذار باشد. در دهه‌های اخیر یکی از ابداعات در این زمینه، بسته‌بندی‌های نوین (استفاده از اتمسفر اصلاح شده[10] و پوشش‌های خوراکی) است. بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده ترکیبی از گازهای مختلف است (اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن) که باعث افزایش مدّت ماندگاری محصول می‌شود [۳].

همچنین استفاده از پوشش‌های مناسب به منظور جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های بیماریزا، افزایش کیفیت میکروبی و عمر نگهداری، می‌تواند تأثیرگذار باشد. بسته‌بندی سالاد سبزیجات تازه به صورت صنعتی یکی از مباحث نسبتاً جدید و در حال رشد در صنایع غذایی بوده که قریب به یک دهه است در ایران مورد توجّه قرار گرفته است[۶].

۲- فرآیند بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده یک روش خاص نگهداری می‌باشد که با به کارگیری مخلوط گازها و با ترکیبی متفاوت از هوای معمولی، محصول را احاطه کرده و باعث به حداقل رساندن فعالیت‌های فیزیولوژیکی و فساد و افزایش عمر ماندگاری محصول می‌شود[۳].

در این سامانه دو نکته بسیار حائز اهمیت است؛ کنترل درجه حرارت و ترکیب گازهای به کار رفته. به طور کلی کاهش دما و استفاده از ترکیبات مناسب گازی، باعث کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی و افزایش ماندگاری می‌شود[۹].

این روش جهت بسته‌بندی اسفناج آماده، سالاد کلم، سالاد کاهو، کاهوی خرد شده، برش های هویج، خیار، گوجه فرنگی و دیگر سالادهای میوه و سبزی برش خورده استفاده شده است. از مزایای اقتصادی و صنعتی بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده می توان به صرفه‌جویی در مصرف انرژی به دلیل عدم استفاده از فرآیندهای حرارتی و برودتی، کاهش مصرف مواد نگهدارنده شیمیایی و یا عدم نیاز به آن ها؛ کاهش ضایعات از طریق افزایش مدّت

1- Phenolic
2- Thiol
3- Carotenoids
4- Tocopherol
5- Glucosinolate
6- Beta carotene
7- Quercetin
8- Kaempferol
9- Luteolin
10- MAP (Modified Atmosphere Packaging)

نگهداری و کاهش هزینه های حمل و نقل از طریق فراهم نمودن زمان انبارمانی طولانی اشاره کرد[۱۰] ؛ گرچه در کنار این مزایا، باید مواردی مانند نیاز به کنترل دقیق دمای انبار به دلیل اثر دما بر نفوذپذیری مواد بسته‌بندی، حلالیت گاز در فاز آبی ماده غذایی و سرعت تنفس محصولات زنده؛ در نظر گرفته شوند تا بتوان به بهترین نحو این روش را اجرا نمود[۱۱] .

به طورکلی، در سامانه بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده سه گاز اصلی اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن به صورت جداگانه یا ترکیبی، جهت افزایش ایمنی، عمر ماندگاری و حفظ خصوصیات کیفی مطلوب استفاده می‌شوند.

۲-۱- دی اکسید کربن

دی اکسید کربن مهم‌ترین گاز به کار گرفته شده در این سامانه است که غلظت بالای آن در اثر بازدارندگی روی بعضی آنزیم‌ها، باعث کاهش سرعت تنفس و به همراه آن کاهش تخریب فیزیولوژیکی محصول می‌گردد.

عمل مهارکنندگی دی اکسیدکربن بر روی میکروارگانیسم‌ها به‌صورت‌های متفاوتی می‌باشد؛ به طورکلی، بازدارندگی این گاز بر روی رشد باکتری‌های گرم منفی و سرمادوست‌ها بیشتر از باکتری‌های گرم مثبت است؛ چرا که قابلیت انحلال دی اکسید کربن در آب، با کاهش دما افزایش می‌یابد [۱۲] . بنابراین کنترل بی‌عیب و نقص دما در طول زنجیرهٔ عرضه برای حفظ سلامتی مصرف‌کننده، ضروری است[۱۳] .

رشد باکتری‌های هوازی مثل سودوموناس ها[1] در سطوح بالای ٪۲۰- ۱۰ از دی اکسیدکربن مهار می‌شود؛ گرچه رشد باکتری های اسید لاکتیک می‌تواند توسط دی اکسید کربن تحریک شود؛ افزایش دی اکسید کربن و کاهش غلظت اکسیژن مورد استفاده در این روش به طور کلی به نفع رشد باکتری‌های اسید لاکتیک است و این موضوع باعث فساد محصولات حساس به باکتری‌های اسید لاکتیک مانند کاهو، هویج و برگ کاسنی می‌شود[۱۴] . به طور مثال، محصولی مانند خیار، اگر در معرض غلظت بالاتر از ۱۰٪ دی اکسید کربن باشد، طی نگهداری زرد خواهد شد [۱۵] .

نظریه‌هایی برای توضیح فعالیت ضدمیکروبی دی اکسید کربن مطرح شده است که شامل تغییرات عملکرد غشاء سلولی، مهار مستقیم آنزیم در واکنش‌های آنزیمی، تغییرات pH داخل سلول و تأثیر مستقیم بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی پروتئین‌ها می‌شود[۱۶] .

۲-۲- اکسیژن

حلالیت اکسیژن در آب در مقایسه با سایر گازها کمتر است؛ بنابراین به طور معمول مقدار اکسیژن در فضای خالی بسته اگر توسط میکروارگانیسم‌ها طی تنفس مصرف نشود، بسته به نفوذپذیری ماده بسته‌بندی تعیین خواهد شد [۱۷] . کاهش میزان دما از طریق محدود کردن اکسیژن باعث به تأخیر انداختن واکنش‌های اکسیداتیو و عمل تنفس در محصول می‌شود[۱۸] .

سطوح بالای اکسیژن نه تنها رشد میکروب‌های هوازی، بلکه رشد میکروب‌های بی هوازی را مهار می‌کند، چراکه سطح بهینه اکسیژن برای رشد میکروارگانیسم‌های هوازی ۲۱ ٪ و برای رشد میکروب های بی‌هوازی بین۰-۲٪ می‌باشد. با این حال گزارش هایی از اکسیژن بالا (بین ۸۰ تا ۹۰ ٪) که تحریک کننده رشد میکروارگانیسم‌های بیماری زا از قبیل باکتری اشرشیاکلی و لیستریا[2] می‌باشد، وجود دارد[۱۹] .

جدا از اثر اکسیژن روی میکروارگانیسم‌ها، اثر آن بر روی رنگ برخی از پیگمان‌های مواد غذایی نیز قابل توجّه می‌باشد، به طوری که نقش مهمی در کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی ایفا می کند. همچنین فتواکسیداسیون[3] کلروفیل و

1- Pseudomonas

2- Listeria

3- Photovoltaic

از دست رفتن رنگ سبز توسط بسته بندی اتمسفر اصلاح شده با سطوح کم اکسیژن می‌تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد[۱۳].

این نکته حائز اهمیت است که ظرفیت اکسیژن در محیط اتمسفر اصلاح شده پتانسیل آن را دارد که اثرات مثبت یا منفی روی کیفیت محصول بگذارد. به طور معمول، غلظت اکسیژن در یک بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده برای سبزیجات جهت حفظ کیفیت و ایمنی میکروبی، بسیار پایین نگه داشته می‌شود (بین ۵-۱٪)؛ که این عمل از طریق کاهش دما امکان‌پذیر می‌باشد[۱۱].

در هر دو حالت، غلظت کم اکسیژن و یا مقادیر زیاد دی اکسید کربن، می‌تواند منجر به تولید متابولیت‌های ناخواسته گردد، از این رو، تعیین غلظت مناسبی از اکسیژن و دی اکسید کربن به منظور کنترل میزان تنفس هوازی نیاز است، تا بدون تحریک واکنش‌های بی‌هوازی و نیز تولید متابولیت‌های نامطلوب، عمر ماندگاری محصول را افزایش دهد[۱۶].

۲-۳- نیتروژن

نیتروژن گازی است بی‌اثر و بدون طعم که به دلیل حلالیت بسیار کم در آب به عنوان گاز پرکننده در بسته‌بندی استفاده می‌شود تا از جمع شدن بسته جلوگیری شود. نیتروژن اثر ضدباکتریایی ندارد اما با فراهم کردن یک محیط بی‌هوازی از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی ممانعت می‌کند[۲].

همچنین از این گاز برای موازنه فشار درون بسته استفاده می‌شود، بنابراین از فروکش کردن بسته‌های دارای مواد غذایی با رطوبت بالا جلوگیری می‌کند[۱۳].

برای اکثر سبزیجات، اتمسفرهای اصلاح شده ۲ تا ۵٪ اکسیژن و ۸-۳٪ کربن دی اکسید، باعث به حداکثر رساندن مدّت زمان نگهداری محصولات می‌شود. بنابراین به کارگیری روشی کارآمد جهت بسته‌بندی تا حد زیادی می‌تواند افزایش حفظ کیفیت و به تأخیر انداختن اثرات منفی بر روی محصول را در پی داشته باشد[۴].

محققان[1] (۲۰۱۵) در یک مرور کلی از تأثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده بر بقا و رشد میکروارگانیسم‌های بیماریزای غذا بر روی سبزیجات تازه درصد گازهای مناسب جهت بهترین بسته‌بندی از نظر کیفیت و بار میکروبی را بررسی کردند. طبق نتایج این پژوهشگران بهترین درصد گاز مورد استفاده در دمای ۰ تا ۵ درجه سلسیوس برای هویج خرد شده ۲٪ اکسیژن + ۱۵ – ۲۰٪ دی اکسید کربن، برای کاهو خرد شده رقم رومین[2] ۰/۵٪ اکسیژن + ۵ – ۱۰٪ دی اکسید کربن، برای برش‌های گوجه فرنگی ۳٪ اکسیژن + ۳٪ دی اکسید کربن می‌باشد [۲۰].

فرخی (۱۳۹۳) پژوهشی مقایسه‌ای بین استفاده از پوشش پلی‌پروپیلنی با ضخامت‌های متفاوت (۲۰ و ۴۰ میکرون) و بسته‌بندی محصول در شرایط خلأ، عدم اعمال خلأ و تزریق گاز (اتمسفر اصلاح شده با ترکیب ۳ ٪ اکسیژن، ۱ ٪ دی اکسید کربن و ۹۶ ٪ ازت) بر تغییرات رنگ، وزن، رطوبت، عطر و ارزیابی حسی سالاد سبزیجات انجام داد.

نتایج نشان داد که استفاده از پوشش پلی‌پروپیلنی ۳۰ میکرونی به طور معنی‌داری زمان ماندگاری محصول را افزایش داد ولی تغییرات رنگ در نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت خلأ در پوشش پلی‌پروپیلنی ۳۰ میکرون و اتمسفر اصلاح شده پس از ٤ روز از زمان بسته‌بندی معنی دار نبوده و در ارزیابی حسی هیچ تغییر طعمی گزارش نشد و تردی و تازگی محصول به خوبی حفظ شده بود. پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای پوششی همراه با اتمسفر اصلاح شده به صورت فعال یا غیرفعال به خوبی توانسته است مانع کاهش وزن و پلاسیدگی سالاد سبزیجات شده و میزان رطوبت ر ا به خوبی حفظ کنند. به طور کلی، بهترین مدّت زمان نگهداری سالاد در دمای یخچال برای جلوگیری از تغییر رنگ، عطر و طعم برگ‌ها، ۳ روز ارزیابی شد. در نهایت استفاده از تیمارهای پوششی

1- González and et.al
2- Romain

۳۰ میکرون برای نگهداری طولانی مدّت، مناسب‌تر تشخیص داده شد[۲] .

محققان[1] (۲۰۱۰) نشان دادند استفاده از اتمسفر کنترل ۲/۵٪ دی اکسید کربن و ۲/۵٪ اکسیژن و دمای پایین می‌تواند صورتی شدن رگ برگ‌ها و زردی برگ‌ها را در کاهو کاهش دهد[۲۱] .

گنابادی و همکاران (۱۳۹۱) اثر بسته‌بندی کاهو پیچ را در اتمسفر اصلاح شده با اکسیژن بالا (٤٠ ٪ اکسیژن، ۱۵ ٪ دی اکسید کربن، ٤٥٪ نیتروژن و ۷۰ ٪ اکسیژن، ۱۵ ٪ دی اکسید کربن، ۱۵ ٪ نیتروژن و ۱۰۰٪ اکسیژن) در پوشش‌های پلی-اتیلنی با دو ضخامت ۵۰ و ٤٠ میکرومتر، در دمای ٤ درجه سلسیوس و به مدّت ١٦ روز مورد بررسی قرار دادند. کمترین میزان آلودگی از نظر بار میکروبی کل و نیز از نظر کپک و مخمر در نمونه با ترکیب گازی سوم و پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ۵۰ میکرومتر دیده شد.

همین نمونه از نظر pH و رنگ در بهترین وضعیت قرار داشت. بیشترین درصد کاهش وزن مربوط به ترکیب گازی سوم و پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ٤٠ میکرو متر به دست آمد. در همین ترکیب گازی و ضخامت پوشش، درصد ماده جامد انحلال‌پذیر بیشترین کاهش را نشان داد. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت ترکیب گازی سوم و پوشش پلی‌اتیلنی با ضخامت ۵۰ مؤثرترین تیمارها در نگهداری کاهو بودند و در این شرایط می‌توان کاهو را تا دو هفته به خوبی نگهداری کرد[۷] .

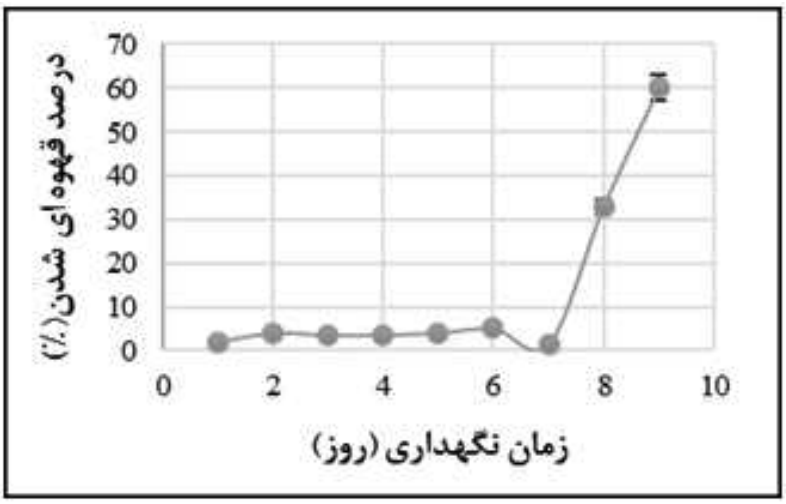
محققان[2] (۲۰۱۲) تأثیر بسته‌بندی‌های مختلف را بر روی رشد باکتری سالمونلا تیفی موریوم[3] در کاهو رقم رومین بررسی کردند. بررسی کردند. نمونه‌ها در سه شرایط متفاوت بسته‌بندی شدند؛ بسته‌بندی با هوا، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده غیرفعال و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده فعال (پوشش مورد استفاده در بسته‌بندی به روش فعال نسبت به اکسیژن نفوذپذیر بود و ترکیب گاز مورد استفاده ۱۰٪ اکسیژن + ۱۰٪ دی اکسید کربن + ۸۰٪ ازت بود. نمونه‌ها به مدّت ۷ روز در دمای ۸ درجه سلسیوس و به مدّت ۳ روز در ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نتایج نشان داد جمعیت سالمونلا تیفی موریوم در نمونه‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده به روش فعال بیشتر از دیگر نمونه‌ها بود [۲۲] .

محققان[4] (۲۰۱۷) طی تحقیقی تغییرات صفات کیفی و رشد میکروبی محصول کاهو تازه، نگهداری شده در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در دمای ۷ درجه سلسیوس را بررسی کردند.

کیفیت حسی محصول شامل رنگ، تردی و قهوه‌ای شدن به روش چشمی ارزیابی شد. علاوه بر این، بلافاصله پس از باز کردن کیسه‌ها، عامل بو ارزیابی شد. همچنین کل بار میکروبی نمونه‌ها و ترکیب گونه‌های باکتری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

عامل پذیرش کلی تا روز هشتم قابل قبول ارزیابی شد؛ همچنین بار میکروبی افزایش چشمگیری نداشت. نتایج نشان می‌دهد بوی نامناسب تولید شده و افت کیفیت محصول در روزهای پایانی می‌تواند حاصل از متابولیسم لاکتیک اسید باکتری‌ها باشد(شکل ۱) [۲۳] .

1- Singh and et.al
2- Horev and et.al
3- Morim
4- Paillarta and et.al



شکل۱- تغییرات میزان قهواه‌ای شدن کاهو تازه بسته‌بندی شده تحت اتمسفر اصلاح شده طی زمان نگهداری[۲۳]

محققان[1] (۲۰۱۱) اثرات پوشش‌های پلی‌پروپیلن با ضخامت‌های۳۰ و ٤٠ میکرون در حالت خلأ و اتمسفر اصلاح شده با میزان ۵ ٪ اکسیژن و صفر درصد دی اکسیدکربن را بر روی کاهوی رقم آیس برگ[2] مورد آزمایش قرار داده و نشان دادند پوشش ٤٠ میکرون پلی‌پروپیلن بدون اتمسفر اصلاح شده و همچنین پوشش ۳۰ میکرون همراه با اتمسفر اصلاح شده بهترین نتیجه را در حفظ کیفیت ظاهری داشته است[۲۵] .

محققان[3] (۲۰۱٦) در پژوهشی شرایط ذخیره‌سازی مختلف را بر روی میزان قهوه‌ای شدن و کاهش کیفیت ارقام کاهو تازه برش داده شده، بررسی کردند. مزایا و محدودیت‌های ذخیره‌سازی در هوا، اتمسفر کنترل شده و اتمسفر اصلاح شده فعال مورد بحث قرار گرفتند. در اتمسفر اصلاح شده فعال، ۰/۵ – ۱/۵ کیلوپاسکال گاز اکسیژن و مابقی آن گاز نیتروژن تزریق شد. نمونه ها به مدّت ۱۰ روز در ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند. هر روز تغییرات کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. به دلیل پایین بودن غلظت اکسیژن، بد طعمی کاهو تحت تیمار اتمسفر اصلاح شده مشاهده نشد؛ همچنین واکنش قهوه‌ای شدن تحت این تیمار کنترل شده بود؛ اما در اتمسفر اصلاح شده غیرفعال این شاخص به خوبی کنترل نشد. بنابرین این تیمار از نظر واکنش‌های قهوه‌ای شدن و طعم و تراوایی نامطلوب، رضایت بخش ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که میزان این دو شاخص با کاهش اکسیژن و افزایش کربن دی اکسید در بسته‌بندی، افزایش می‌یابد. از مزایای شرایط اتمسفر اصلاح شده فعال، حفظ رطوبت بالا و در پی آن اثر بر روی کاهش قهوه‌ای شدن می‌باشد[۲۵] .

محققان[4] (۲۰۱٦) طی پژوهشی تأثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده با غلظت اکسیژن کم و کربن دی اکسید متوسط را بر روی قهوه‌ای شدن کاهوی رقم رومین در طی نگهداری بررسی کردند. میزان اکسیژن مصرفی ۰/۵-۱/۵ کیلوپاسکال بود و طی ۷ روز در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نتایج نشان دادند. این سامانه می‌تواند فعالیت‌های فنیل‌آلانین[5] و پلی‌فنل اکسیداز[6] را کاهش داده و مانع از قهوه‌ای شدن نمونه‌ها شود. همچنین محتوای ویتامین (ث) حفظ شد[۲۶] .

شهدادی ساردو و همکاران (۱۳۹۳) اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و پوشش خوراکی کیتوزان[7] را بر ویژگی‌های رنگی و بافت‌سنجی خیار گلخانه‌ای طی دوره

1- Martinez and et.al
2- Iceberg
3- Tudelaa and et.al

4- Luna and et.al
5- PAL
6- Polyphenol Oxidase (PPO)
7- Ayhan

نگهداری بررسی کردند. در این پژوهش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با غلظت گاز اکسیژن ۳ و ۲۱ ٪ (۳٪ اکسیژن + ۷۹٪ ازت و ۲۱٪ اکسیژن – ۸۸٪ ازت) و پوشش پلی‌ساکارید کیتوزان ٪۱– ۰ صورت گرفت و تیمارهای دمایی ۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مدّت ۲۱ روز بود. خواص سفتی بافت، رنگ و آزمون حسی بررسی شدند. نتایج نشان دادند که با به کار بردن ٪۰/۵ پوشش کیتوزان و نگهداری خیار در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد تحت بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده ۷–۱۰٪ اکسیژن می‌توان زمان ماندگاری این محصول را از نظر سفتی بافت، رنگ سبز ظاهری و پذیرش کلی و همچنین فساد میکروبی تا حدود ۱۵ روز افزایش داد.

نمونه‌های فاقد پوشش دارای بیشترین پذیرش کلی بودند. در همین شرایط با افزایش گاز اکسیژن در بسته‌بندی از ۳٪ تا حدود ۲۱٪ پذیرش کلی محصول نهایی به صورت خطی افزایش یافت و از نظر داوران آموزش دیده نمونه‌های خیار بسته‌بندی شده در شرایطی که حاوی پوشش نبودند، از پذیرش بیشتری برخوردار بودند[۵] .

محققان[1] (۲۰۰۷) طی پژوهشی تأثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بر کیفیت هویج را طی مدّت زمان نگهداری ۲۱ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. برش‌های هویج در سه شرایط مختلف در پوشش‌های پلی‌پروپیلن بسته‌بندی شدند؛ هوای معمولی، اتمسفر اصلاح شده فعال با ترکیب گازی ۵٪ اکسیژن + ۱۰٪ کربن دی اکسید + ۸۵٪ ازت و ۸۰٪ اکسیژن + ۱۰٪ کربن دی اکسید + ۱۰٪ ازت. آزمایش‌های فیزیکو شیمیایی و میکروبی نشان دادند رشد قابل توجّهی برای کپک در نمونه‌ها وجود نداشت؛ با این حال، رشد باکتری‌های هوازی مزوفیل[2] در همه تیمارها مشاهده شد. همچنین نمونه های بسته‌بندی شده با اکسیژن بالا خواص بهتری را از نظر حفظ کیفیت در مقایسه با نمونه‌های بسته‌بندی شده در اکسیژن کم نشان دادند.

همچنین شاخص رنگ به خوبی حفظ شد. پس از ١٤ روز نگهداری، شاخص بافت در تمامی تیمارها کاهش یافت که نشان دهندهٔ نرمی قابل توجّه بود. pH تا روز ۷ افزایش یافت و پس از آن برای تمام تیمارها کاهش یافت و میزان مواد جامد طی نگهداری افزایش یافت. به طور کلی، بیشتر ویژگی های حسی ارزیابی شده هویج بعد از ۷ روز نگهداری قابل قبول نبودند.

با این حال از لحاظ کیفیت چشمی و رنگ، هویج‌های تیمار شده با دی اکسید کربن کم و اکسیژن بالا تا ١٤ روز نگهداری قابل قبول بودند. بنابرین با توجّه به سطح اکسیژن در فضای بسته‌بندی و نتایج حسی، عمر مفید هویج فرآوری شده ۷ روز تعیین شد[۲۷] .

محققان[3] (۲۰۰۵) تأثیر بسته‌بندی‌های مختلف را بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای آنتوسیانین‌ها[4]، کاروتنوئیدها[5] و فنول‌ها[6] و همچنین کیفیت حسی هویج نارنجی و بنفش را بررسی کردند.

در شرایط مختلف بسته‌بندی به کار گرفته شده عبارت اند از: بسته بندی در هوا، بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده (۵٪ اکسیژن + ۵٪ کربن دی اکسید + ۹۰٪ ازت و ۵٪ کربن دی اکسید + ۹۵٪ اکسیژن). نمونه‌ها برای مدّت ۱۳ روز در ٤ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نتایج نشان دادند که در مورد هویج نارنجی و بنفش، از دست دادن کل کاروتنوئیدها در تیمار ۵٪ کربن دی اکسید + ۹۵٪ اکسیژن اتّفاق می‌افتد. فعالیت کل آنتی اکسیدانی در حین ذخیره‌سازی در همه تیمارها در نمونه هویج نارنجی نسبتاً ثابت باقی ماند.

تیمار ۵٪ کربن دی اکسید + ۹۵٪ اکسیژن باعث بهبود کیفیت حسی و طول عمر طولانی هویج بنفش شد (طول عمر دو تا سه روز بیشتر از سایر روش‌ها)، اما برای هویج نارنجی این نتیجه مشاهده نشد و تغییر قابل توجّهی نداشت. طبق آزمون حسی، هر دو تیمار برای نمونه‌های هویج نارنجی بعد از ۱۰ روز از لحاظ حسی خوب بوده

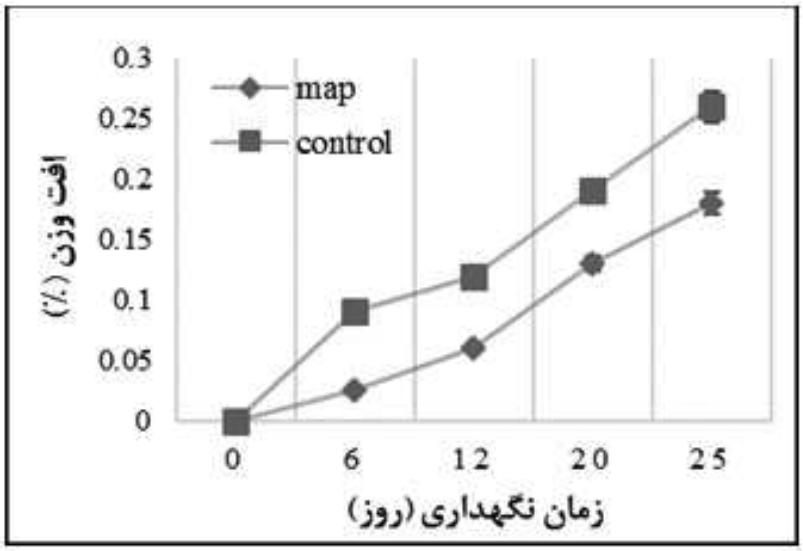
1- Ayhan and et.al
2- Mesophilic
3- Alasalvar
4- Anthocyanin
5- Carotenoids
6- Phenols

است و میزان قهوه‌ای شدن در نمونه‌ها قابل توجّه نبود. از لحاظ ظاهری نمونه‌ها تا روز پنجم خیلی خوب و بعد از آن خوب ارزیابی شدند. شاخص بو نیز بعد از ۷ روز کاهش یافت[۲۸] .

محققان[1] (۲۰۱۵) اثر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده فعال بر کیفیت گوجه گیلاسی ذخیره شده در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد را بررسی کردند. از پوشش‌های پلی‌اتیلن[2] و ترکیب گازی ۵٪ اکسیژن و ۵٪ دی اکسید کربن استفاده کردند. همچنین از بسته‌بندی با هوای معمولی برای مقایسه استفاده شد. عوامل کاهش وزن، سفتی، قند، اسیدهای آلی، رنگ، لیکوپن[3]، میزان تنفس و بیوسنتز[4] اتیلن طی ۲۵ روز اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان دادند که سامانه اتمسفر اصلاح شده فعال می‌تواند عمر مفید گوجه گیلاسی را به مدّت ۲۵ روز افزایش دهد، ضمن اینکه این شاخص‌ها تحت تأثیر غلظت گاز داخل بسته‌بندی می‌باشند.

نتایج نشان دادند که تیمار اتمسفر اصلاح شده فعال میزان تغییر رنگ، بیوسنتز لیکوپن، کاهش وزن، تنفس و اتیلن را کاهش می‌دهد. همچنین این سامانه حفظ استحکام محصول را در پی دارد و از تغییرات چشمگیر در میزان قند و اسیدهای آلی جلوگیری می‌نماید. بنابرین استفاده از سامانه بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده برای گوجه گیلاسی باعث به تأخیر انداختن رسیدگی و حفظ کیفیت شده است(شکل ۲)[۲۹] .

گیل[5] (۲۰۰۲) اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (۱٤-۱۲ کیلوپاسکال اکسیژن) بر روی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی، حسی و میکروبی گوجه فرنگی تازه برش خورده رقم دورنیتا[6] را برای ۷ و ۱۰ روز در دمای ۰ و ۵ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. تغییرات استحکام، رنگ، محتوای جامد محلول، pH، اسیدیته، رسیدگی و ویژگی‌های میکروبیولوژی و حسی مورد بررسی قرار گرفتند. پس از ۱۰ روز، ترکیب گاز در بسته‌های با نفوذپذیری کم به ٤ تا ۵ کیلوپاسکال اکسیژن و ۹ تا ۱۲ کیلووات کربن دی اکسید در ۰ درجه سانتی‌گراد و ۲ کیلو وات اکسیژن و ۲۰ کیلو وات کربن دی اکسید در ۵ درجه سانتی گراد رسید. با این حال، بهترین نمونه‌ها به طور کلی از نظر کیفیت در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و تحت کربن



شکل ۲- نمودار تغییرات افت وزن گوجه گیلاسی بسته بندی شده تحت اتمسفر اصلاح شده فعال در مقایسه با نمونه شاهد طی زمان نگهداری [۲۹]

1- Fagundesa and et.al
2- Low Density Polyethylene (LDPE)
3- Lycopene
4- Biosynthesis
5- Gil and et.al
6- Durinta

دی اکسید بالاتر تشخیص داده شدند. همچنین مقدار بالای کربن دی اکسید و مقدار کم اکسیژن باعث جلوگیری از رشد مخمر می‌شود. پس از ۷ روز هیچ تفاوتی در کیفیت گوجه فرنگی بین ذخیره‌سازی در ۰ و ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد؛ اما زمانی که ذخیره‌سازی تا ۱۰ روز ادامه داشت، صفات کیفی بهتری در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شدند. بنابرین برای حفظ کیفیت برش‌های گوجه فرنگی تا ۱۰ روز، بهترین شرایط ذخیره‌سازی دمای ۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و در نتیجه کاهش دما عاملی مهم‌تر از اتمسفر اصلاح شده در کاهش تعداد میکروبی بود[۲۰] .

۳- لاکتات کلسیم

امروزه پوشش‌های خوراکی با اهداف مختلفی در محصولات غذایی استفاده می‌شوند. انتخاب شیوه مناسب، بسته به ماهیت ماده پوششی، هدف از پوشش، نوع پوشش و توجیه اقتصادی تأثیرگذار است، که طبق تحقیقات انجام شده روش غوطه‌وری برای سبزیجات مناسب است[۳۰] .

پوشش کلسیم لاکتات می‌تواند تأثیراتی مانند به حداقل رساندن رشد میکروبی، کمک به عدم کاهش افت رطوبت، جلوگیری از قهوه‌ای شدن، سفتی بافت و در نتیجه افزایش زمان ماندگاری، به حداقل رساندن ضایعات و کاهش استفاده از مواد شیمیایی در دوره نگهداری را به دلیل نقش محافظتی پوشش، داشته باشد[۱] .

کلسیم در اتصال پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل دهنده دیواره سلولی و پایداری و مقاومت مکانیکی دیواره سلولی نقش دارد. نتایج تحقیقات نشان می دهند که برخی از نمک‌های کلسیم به ویژه کلرید کلسیم، لاکتات کلسیم و نیترات کلسیم از طریق کاهش تنفس و تولید اتیلن، رسیدگی و پیری را به تأخیر می‌اندازند[۳۱] .

لاکتات کلسیم برای سبزیجات و میوه‌هایی که دارای شاخص پیری بالاتری هستند مانند توت فرنگی استفاده می‌شود. همچنین گزارش شده است که لاکتات کلسیم دارای خواص ضد باکتریایی قوی می‌باشد. این ماده مانع از قهوه‌ای شدن سطح برش و نرم شدن بافت میوه و سبزیجات تازه برش خورده می‌شود؛ علاوه بر این، لاکتات کلسیم قابلیت جذب قوی‌تری نسبت به نمک‌های معدنی دارد و ارزش غذایی مواد غذایی را افزایش می‌دهد و باعث تلخ شدن و تغییر طعم محصول نمی‌شود[۳۰] .

محققان[1] (۲۰۱٤) نمونه‌های خیار[2] نگهداری شده تحت بسته‌بندی اتمسفراصلاح شده در دمای ۱±٤ درجه سانتی-گراد و رطوبت ۲± ٪۹۰ و شرایط محیطی ۲۳- ۲٦ درجه سانتی‌گراد و ٪٦۳- ٦٦ رطوبت را جهت ارزیابی بافت، افت وزن، رنگ، آسیب حاصل از سرما و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار دادند.

بافت خیارهای بسته‌بندی شده تحت اتمسفر اصلاح شده طی ٦ روز نگهداری به میزان ناچیزی تغییر یافت. افت وزن نمونه‌ها بین ٪۱/٦۲ الی ٪۱۲/۸۹ اندازه‌گیری شد در صورتی که کمترین افت وزن (۱/٦۲) و همچنین کمترین میزان تغییرات رنگ در عامل *a و *b مربوط به نمونه‌های نگهداری شده تحت بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بود. ارزیابی حسی در روز دوازدهم بیانگر قابل قبول بودن نمونه‌ها با امتیاز ۷/۱ بود. در نتیجه این مطالعه نشان داد که می‌توان خیار را تحت بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در ۱±٤ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۱۲ روز به طور قابل قبولی نگهداری کرد [۳۲] .

محققان[3] (۲۰۱٦) اثرات بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به همراه یک فیلم پلی‌پروپیلن[4] با ضخامت ۳۰ میلی متر را بر روی گوجه گیلاسی رقم دوروتی[5] و ترباس[6] تازه برداشت شده طی ۲۱ روز نگهداری در دمای ۲۱ درجه و رطوبت ٪٦۰ بررسی کردند. فعالیت تنفسی هر دو رقم نسبت به نمونه کنترل به طور قابل توجّهی کاهش یافت.

1- Manjunatha
2- Cucumis sativus L
3- D'Aquino and et.al
4- OPP
5- Dorotea
6- Trebus

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی طی روزهای ۱، ۷، ۱٤ و ۲۱ اندازهگیری شدند. نتایج نشان دادند بسته‌بندی استفاده شده باعث کاهش افت وزن، از دست رفتن استحکام بافت، افت اسیدیته، افت مواد جامد محلول و افت ویتامین (ث) می-گردد [۳۳] .

محققان[1] (۲۰۰۷) تأثیر ترکیب ۱٪ کلرید کلسیم به همراه دوز تابش یک کیلوگرمی اشعه گاما را بر جمعیت میکروبی، خواص بیوشیمیایی و فیزیکی گوجه فرنگی تازه برش خورده طی دو هفته نگهداری، بررسی کردند. نتایج نشان دادند که تیمار کلرید کلسیم به تنهایی تولید اتیلن را تحریک می‌کند، در حالی که تیمار اشعه گاما باعث جلوگیری از تولید اتیلن می‌شود. ترکیب تیمار کلرید کلسیم و اشعه منجر به تغییری در تولید اتیلن در مقایسه با تیمار کنترل نشد، اما هر دو روش اشعه و استفاده از کلرید کلسیم باعث کاهش تنفس محصول شدند.

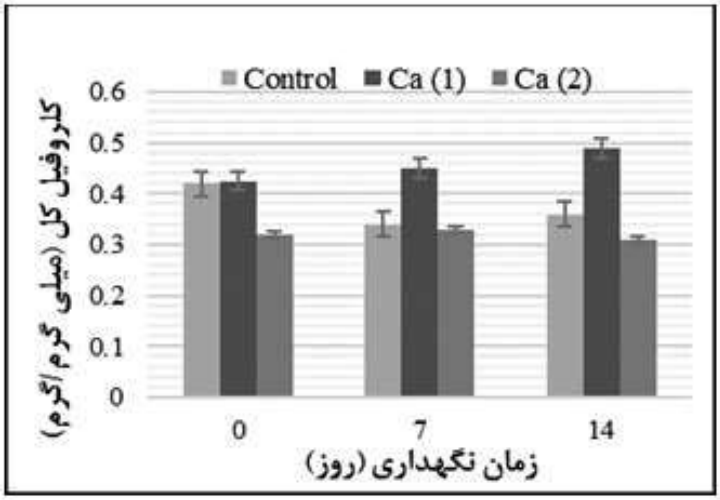
تیمار کلرید کلسیم در استحکام محصول نقش مؤثری ایفا کرد. تیمار اشعه به تنهایی و در ترکیب با تیمار کلرید کلسیم، منجر به کاهش ۳ لگاریتم در تعداد کل باکتری‌های هوازی و سرمادوست شد. ترکیبی از کلرید کلسیم و اشعه گاما می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های مرتبط با میکروارگانیسم‌های بیماریزا را کاهش دهد و از نرم شدن بافت محصول طی نگهداری جلوگیری کند[۳۴].

محققان[2] (۲۰۰۷) به بررسی اثر کاربرد سه منبع کلسیم (کلرید کلسیم، لاکتات کلسیم و پروپیونات کلسیم) بر استحکام بافت میوه هلو پرداختند. نتایج نشان داد میزان کلسیم میوه پس از غوطه‌وری در این محلول‌ها به میزان قابل توجّهی افزایش یافت. هر سه این ترکیبات دارای تأثیر یکسان بر حفظ سفتی بافت هلو هستند. با این تفاوت که لاکتات‌کلسیم این تأثیر را برای مدّت زمان بیشتری حفظ می‌کند. غلظت بیشتری از کلرید کلسیم در مقایسه با دو محلول دیگر به منظور افزایش استحکام بافت در طول زمان نگهداری لازم بود. استفاده از لاکتات کلسیم و پروپیونات[3] کلسیم در غلظت بالا باعث ایجاد علایم نامطلوب در سطح میوه و نرمی بافت شد. از سوی دیگر به کار بردن ترکیبات کلسیم‌دار شدّت آسیب‌های ناشی از سرما نظیر قهوه‌ای شدن را کاهش داد[۳۵] .

محققان[4] (۲۰۰۵) به بهینه‌سازی تیمار شستشوی کاهو با لاکتات کلسیم در سه غلظت (۰/۵، ۱/۵ و ۳٪) در سه دمای ٤، ۲۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و اثر آن بر ویژگی‌های کیفی رنگ، بافت، قهوه‌ای شدن آنزیمی و ویژگی‌های حسی پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز و پراکسیداز را غیرفعال می‌نماید ولی فعالیت پکتین متیل استراز[5] را افزایش می‌دهد. همچنین غلظت‌های بالای لاکتات کلسیم اگرچه باعث کاهش نرخ تنفس کاهوی برش خورده در طی نگهداری شد؛ اما میزان درخشش و رنگ سبز ($a^{\times}$) نمونه‌ها را کاهش داد. ثابت شد استفاده از دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت متوسط لاکتات‌کلسیم(۱/۵ درصد) بهترین تیمار شستشو برای این محصول جهت نگهداری بیش از ۱۰ روز است. تحت این شرایط نه تنها میزان تازگی محصول به بهترین شکل ممکن حفظ شد بلکه کمترین میزان واکنش قهوه‌ای شدن نیز مشاهده شد [۳۶] .

محققان[6] (۲۰۱۳) به بررسی اثر استفاده از غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ مولار محلول کلسیم بر روی کلروفیل برگ‌های کاهو طی ۱٤ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که استفاده از محلول ۰/۱ مولار کلسیم باعث افزایش سطوح کلروفیل a و b و کلروفیل کل، در مقایسه با نمونه کنترل شد(شکل۳) [۳۷] .

1- Prakash and et.al
2- Manganaris and et.al
3- Propionate
4- Martin-Diana and et.al
5- Methyl Ester pectin
6- Perucka



شکل ۳- تغییرات میزان کلروفیل برگ کاهو تیمار شده با غلظت‌های ۰/۲ (Ca2) و ۰/۱ (Ca1) مولار کلسیم طی زمان نگهداری[۲۹] .

محققان[1] (۲۰۰۹) اظهار کردند تیمار گلابی‌های تازه برش یافته با لاکتات کلسیم باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و گالاکتروناز[2] در طی سه هفته نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد شد[۳۸] .

محققان[3] (۲۰۱۳) اثر پوشش‌های خوراکی چند لایه را بر روی آناناس برش خورده بررسی کردند. این پوشش به صورت پنج لایه بر روی نمونه‌ها اعمال شد (کلسیم- پوشش آنتی میکروبی- کلسیم- پکتین- کلسیم). این پوشش باعث افزایش ماندگاری نمونه‌ها تا ۱۵ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد شد. همچنین این پوشش به طور قابل توجّهی میزان باکتری‌های سرمادوست، کپک و مخمر را کاهش داد. در ضمن با نتایج مثبتی را بر روی ویژگی‌های رنگ، اسیدیته، مواد جامد محلول و سفتی بافت نشان داد و بر روی طعم و بوی نمونه‌ها اثری نداشت [۳۹] .

٤- نتیجه گیری

با توجّه به افزایش تمایل به انواع سبزیجات و فسادپذیری و ضایعات بالای این نوع محصولات حساس، اهمیت بسته‌بندی مناسب، بیشتر مورد توجّه قرار می‌گیرد. این فنّاوری‌ها علاوه بر حفظ کیفیت و ارزش غذایی، امنیت و سلامتی محصول، نقش بسزایی در افزایش مدّت زمان ماندگاری و مشتری‌پسندی دارد. طبق تحقیق انجام شده در این زمینه بر روی سالاد سبزیجات مخلوط، بهترین درصد گاز مصرفی در روش اتمسفر اصلاح شده ۱۰،۹٪ اکسیژن + ۲٪ کربن دی اکسید+ ۸۷،۱٪ نیتروژن و بهترین غلظت لاکتات کلسیم مصرفی ۱٪ تعیین شد. بنابراین نوآوری در این صنعت با هدف ارتقا عملکرد آن در پاسخ به تقاضای مصرف‌کننده به جهت به حداقل رساندن میزان فرآوری و ضایعات، به دلیل اهمیت بسیار بالایی که دارد می‌تواند پایدار باشد و گسترش یابد.؛ در نهایت به منظور توسعه کاربرد تجاری این فنّاوری‌ها، شناخت و آگاهی دست اندرکاران این صنعت از جوانب آن ضروری می‌باشد.

1- Alandes and et.al
2- Galactronase
3- Mantilla and et.al

۵- منابع

۱. بایگی، ف. (۱۳۹۳). «**استفاده از تکنیک‌های جدید بسته‌بندی در حفظ کیفیت و طراوت سالاد و سبزیجات تازه. اولین همایش ملّی میان وعده‌های غذایی.**»

۲. فرخی، ف. (۱۳۹۳). «**بررسی ویژگی‌های فیزیکی و میکروبی سالاد سبزیجات بسته‌بندی شده، شرایط بسته‌بندی، ضخامت پوشش، نوع ماده بسته‌بندی.**» اولین همایش ملّی میان وعده‌های غذایی.

۳. بهروزی فر، ف. (۱۳۹۳). «**بسته‌بندی اتمسفری اصلاح شده میوه انار و اثر غلظت‌های مختلف گاز در بسته‌بندی در افزایش بدطعمی اسفناج**». دومین همایش ملّی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی.

٤. ریاحی، م. (۱۳۹۱). «**مجموعه آموزشی تغذیه در بیماری‌ها و آشنایی با گروه‌های غذایی.**»

۵. شهدادی ساردو، ع. (۱۳۹۳). «**بررسی اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های رنگی و بافت‌سنجی خیار گلخانه‌ای طی دوره نگهداری.**» سومین همایش ملّی علوم و صنایع غذایی.

٦. مهدویان، ح. (۱۳۹۱). «**روش‌های نوین بسته‌بندی میوه و سبزیجات برش خورده**». فصلنامه علمی- ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی. ش ۱۳. ص۳۰-٤۳.

۷. گنابادی، ا. (۱۳۹۱). «**بررسی شرایط بهینه بسته‌بندی کاهو (Lactuca sativa L) در اتمسفر اصلاح شده به منظور افزایش زمان ماندگاری**». مجلّه تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد۱٤. ش ۱. ص ۳۳-٤٤.

8. FAO STAT, (2010). **"Export value for vegetables."** <http://faostat3.fao.org/home/index.html> (accessed online 25.02.2015).

9. Ebrahimi, A. (1392). **"Modified Atmosphere Packaging."** http://ifscience.com/. Exclusive map packaging.

10. Salarbashi, D. et al., (2013). **"Characterization of soluble soybean polysaccharide film incorporated essential oil intended for food packaging."** Carbohydr. Polym. 98: 1127-1136.

11. Sivertsvik, M., J. Rosnes, H. Bergslien. (2002). **"Modified atmosphere packaging. Minimal process technol."** Food Indicat. 61-86

12. Berna, A. Z., S. Geysen, S. Li, B. E. Verlinden, J. Larnmertyn and B. A. Nicolai. (2007). **"Headspace fingerprint mass spectrometry to characterize strawberry aroma at super-atmospheric oxygen conditions."** Postharvest Biol Tech. 46: 230–236.

13. Caleb, O. J., U. L. Opara and C. R. Witthuhn. (2012). **"Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review."** Food Bioproc. Tech. 5:15-30

14. Carlin F, Nguyen-the C, Cudennec P, Reich M. (1989). **"Microbiological spoilage of fresh ready-touse grated carrots."** Sci Alim 9:371.

15. Moleyar, V.; Narasimham, P. (1994). **"Modified atmosphere packaging of vegetablesa an appraisal."** J.Food Sci. Technol. Mys., 31, 267–278.

16. Farber JM. (1991). **"Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology—a review."** J Food Prot 54(1):58-70.

17. Ooraikul, B., (2003). **"Modified atmosphere packaging (MAP)."** CRC, New York.

18. Lee, K., Park, I., Sun, D, (1996). **"Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetable salad dish."** International Journal of Food Science and Technology, 31, 7–13.

19. Amanatidou A, Smid EJ, Gorris LGM. (1999). **"Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated micro-organisms."** J Appl Microbiol 86:429-38.
20. Gil, M., Conesa, M., Arte´s, F, (2002). **"Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging."** Journal of Postharvest Biology and Technology, 25: 199–207.
21. Singh, B., Yang, C., Salunkhe, D, Rahman, A, (2010). **"Controlled atmosphere storage of lettuce.9. Effects on quality and the respirationrate of lettuce heads."** Journal of Food Sci. 31, 19-59.
22. Horev, B., Sela, S., Vinokur, Y., Gorbatsevich, E., Pinto, R., & Rodov, V. (2012). **"The effects of active and passive modified atmosphere packaging on the survival of Salmonella enterica serotype Typhimurium on washed romaine lettuce leaves."** Food Research International, 45(2), 1129-1132.
23. Paillart, M. J. M., van der Vossen, J. M. B. M., Levin, E., Lommen, E., Otma, E. C., Snels, J. C. M. A., & Woltering, E. J. (2017). **"Bacterial population dynamics and sensorial quality loss in modified atmosphere packed fresh-cut iceberg lettuce."** Postharvest Biology and Technology, 124, 91-99.
24. Martinez, J.A., and F. Artes. (2011). **"Effect of packaging treatments and vacuum-cooling on quality of winter harvested Iceberg lettuce."** International Journal of Food Research, 322,629-621
25. Tudelaa, J., Hernándeza, N., Pérez, A., Gila, M, (2016). **"Comprehensive evaluation of different storage conditions for the varietal screening of lettuce for fresh-cut performance."** Journal of Postharvest Biology and Technology 120: 36-44.
26. Luna, M., Tudela, J., Tomás-Barberán, A., Gil, M, (2016). **"Modified atmosphere (MA) prevents browning of fresh-cut romaine lettuce through multi-target effects related to phenolic metabolism."** Journal of Postharvest Biology and Technology 119: 84–93.
27. Ayhan, Z., EfiTURK, O., Tafi, E, (2007). **"Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality and Shelf Life of Minimally Processed Carrots."** Mustafa Kemal University, Department of Food Engineering, Hatay – TURKEY
28. Alasalvar, C., Al-Farsi, M. Quantick, P.C., Shahidi, F., Wiktorowicz, R, (2005). **"Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots."** Journal of Trends in Food Science & Technology 46: 13-26.
29. Fagundesa, C., Moraesa, K., Pérez-Gagob, M., Paloub, L., Maraschinc, M., Monteiroa, A, (2015). **"Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes."** Journal of Postharvest Biology and Technology 109: 73-81.
30. Moreira M.d.R., (2011). **"Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli,"** Food Science and Technology, 44: 2335-2341,.
31. Durango, A.M., (2006). **"Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots,"** Food Control, vol. 17, pp 336-341,
32. Manjunatha, M., & Anurag, R. K. (2014). **"Effect of modified atmosphere packaging and**

storage conditions on quality characteristics of cucumber." Journal of food science and technology, 51(11), 3470-3475.

33. D'Aquino, S., Mistriotis, A., Briassoulis, D., Di Lorenzo, M. L., Malinconico, M., & Palma, A. (2016). **"Influence of modified atmosphere packaging on postharvest quality of cherry tomatoes held at 20 C."** Postharvest Biology and Technology, 115, 103-112.
34. Prakash, A., Chen, P. C., Pilling, R. L., Johnson, N., & Foley, D. (2007). **"1% calcium chloride treatment in combination with gamma irradiation improves microbial and physicochemical properties of diced tomatoes."** Foodborne pathogens and disease, 4(1), 89-98.
35. Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., Mignani, I. (2007). **"The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits."** Journal of Food Chemistry, 100: 1385-1392.
36. Martin-Diana, A. B., D. Rico, D., Barry-Ryan, C., Jesus M, F., Mulcahy, J., Henehan, G. T. M. (2005). **"Calcium lactate washing treatments for salad-cut iceberg lettuce: effect of temperature and concentration on quality retention parameters."** Journal of Food Research International, 38: 729-740.
37. Perucka, I., Olszówka, K., & Chilczuk, B. (2013). **"Changes in the chlorophyll content in stored lettuce Lactuca sativa L. after pre-harvest foliar application of CaCl2."** Acta Agrobotanica, 66(4).
38. Alandes, L. Pérez-Munuera, I. Llorca, E. and Quiles, A. (2009). **"Use of calcium lactate to improve the structure of Flor de Invierno fresh-cut pears."** Postharvest Biology and Technology. 53:145-151
39. Mantilla, N., Castell-Pérez, M. E., Gomes, C., and Moreira, R. G. (2013). **"Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple."** LWT-Food Sci. Technol. 51: 37-43.

آدرس نویسنده

خراسان رضوی – مشهد– دانشگاه فردوسی– گروه صنایع غذایی