روش‌های نوین بسته‌بندی میوه و سبزیجات برش خورده

حامد مهدویان مهر[1*]، مریم اثنی عشری[2]، ناصر صداقت[3]

تاریخ دریافت مقاله: دی ماه ۱۳۹۱
تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱

چکیده

تقاضای روز افزون برای رژیم‌های غذایی سالم و ابداع راهکار مناسب به منظور کاهش ضایعات فراوان میوه‌ها و سبزیجات، نیاز به بسته‌بندی‌های مناسب جهت حفظ ارزش تغذیه‌ای و تازگی این محصولات را، از اهمیت خاصی برخوردار ساخته است. شایع‌ترین عوامل افت کیفیت در میوه و سبزیجات تازه، واکنش‌های قهوه‌ای شدن، از دست رفتن آب سطحی، بد طعمی و فساد میکروبی است. به کارگیری روش‌های نوین بسته‌بندی می‌تواند تا حد زیادی سبب حفظ کیفیت محصول گردد. علی‌رغم پیشرفت‌هایی که تاکنون در زمینه بسته‌بندی برش‌های میوه و سبزیجات تازه انجام گرفته است، شرایط بهینه حفظ تازگی و ایمنی هنوز هم در دست بررسی می‌باشد. در این مقاله به معرفی سامانه‌های بسته‌بندی مختلف از جمله اتمسفر اصلاح شده، بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی هوشمند، فیلم و پوشش‌های خوراکی که تاکنون برای برش‌های میوه و سبزیجات مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

تازگی، برش‌های میوه و سبزیجات، اتمسفر اصلاح شده(MAP)، فیلم و پوشش خوراکی، بسته‌بندی فعال و هوشمند.

۱- مقدمه

برش‌های میوه و سبزیجات تازه به محصولاتی با حداقل فرآوری و تغییر ناشی از شستشو، پوست‌کنی و برش اطلاق می‌گردد. فرآوری میوه و سبزیجات معمولاً موجب صدمه‌دیدگی بافت و به دنبال آن باعث افزایش شدّت تنفس در این دسته از محصولات می‌گردد. تنفس شامل تجزیه اکسیداتیو سوبسترای[4] پیچیده نظیر: نشاسته، قند و اسیدهای آلی به مولکول‌های ساده‌تر نظیر: دی‌اکسیدکربن، آب و انرژی می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که رابطه‌ای معکوس بین شدّت تنفس و مدّت ماندگاری میوه و سبزی پس از برداشت وجود دارد. از سوی دیگر، کاهش سطح اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن، نقش مهمی در کنترل واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی، پوسیدگی میوه و سبزیجات و جلوگیری از گسترش فساد میکروارگانیسم‌های[5] هوازی دارد. با این وجود، کاهش سطح اکسیژن، امکان رشد برخی از پاتوژن‌های[6] (بیماری‌زا) بی‌هوازی سرما دوست را به همراه دارد. در هر دو حالت غلظت کم اکسیژن و یا مقادیر زیاد دی‌اکسید کربن، می‌تواند منجر به تولید متابولیت‌های[7] ناخواسته گردد، از این رو تعیین سطوح مناسبی از غلظت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.
(* نویسنده مسئول: hamed.m.mehr@gmail.com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Substrate oxidative
5- Microorganisms
6- Pathogenic
7- Metabolites

اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی حائز اهمیت می‌باشد.[۱]

بر اساس آمار سازمان خوار و بار کشاورزی[1] FAO، مصرف سرانه میوه در جهان ٦٢ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال می‌باشد. در این بین، ایران با مصرف سرانه ۱۵۸ کیلوگرم میوه و سبزی در سال در رتبه یازدهم جهانی و بالاتر از کشورهای توسعه یافته اروپای غربی و آمریکای شمالی(به ترتیب ۱۱۷ و ۱۱۲ کیلوگرم در سال) و نیز کشورهای دیگر خاورمیانه با سرانه مصرف ۸۹ کیلوگرم در سال می‌باشد، اما آمار جهاد کشاورزی ایران بیان می‌دارد که با وجود ولید و مصرف بالای میوه، ضایعات میوه در کشور بیش از ۲۷ درصد تولید می‌باشد. از این رو، می‌توان با به کارگیری بسته‌بندی مناسب، علاوه بر تأمین میوه و سبزی در بازار داخل و کاهش ضایعات آن، در بازارهای بین‌المللی نیز حضور چشمگیری یافت.(شکل ۱)

شکل ۱- بسته‌بندی انواع سالاد آماده

۲- روش‌های مختلف بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیجات برش خورده

نیاز به بسته‌بندی مناسب میوه و سبزیجات برش خورده به دلیل فعالیت آبی و در نتیجه فسادپذیری بالا، تحریک واکنش‌های آنزیمی در اثر فرآوری، تغییرات طعم و عطر محصول بیش از بیش احساس می‌گردد. در میان سامانه‌های مختلف بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیجات تازه، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، بسته‌بندی فعال، هوشمند، فیلم و پوشش‌های خوراکی کارآمدترین سامانه‌ها شناخته شده‌اند. در ذیل به اثر هر یک از این سامانه‌ها بر ویژگی‌های کیفی میوه‌ها و سبزیجات پرداخته شده است:

۲-۱- بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده

یکی از مؤثرترین سامانه‌های بسته‌بندی برای میوه و سبزیجات برش خورده، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده می‌باشد. بسته‌بندی در شرایط مناسب اتمسفری می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را در سطوح برش خورده میوه به طور مؤثری کنترل نماید. کاهش سطح اکسیژن، تکثیر میکروارگانیسم‌های هوازی را به تأخیر می‌اندازد. در این بین، باکتری‌های گرم منفی هوازی نظیر سودوموناس‌ها[2] کاهش بیشتری نسبت به باکتری‌هایی با توانایی رشد و تکثیر در محیط نسبتاً بی‌هوازی نظیر لاکتو باسیلوس‌ها[3] نشان می‌دهد. غلظت‌های بالای دی اکسید کربن نیز در کاهش رشد اکثر میکروارگانیسم‌های هوازی به ویژه باکتری‌های گرم منفی و قارچ‌ها کاملاً مؤثر می‌باشد.[۳]، اما از سوی دیگر، غلظت‌های خیلی پائین اکسیژن در بسته‌های حاوی سبزیجات برش خورده می‌تواند خطر رشد پاتوژن‌های(بیماری‌زا) بی‌هوازی و یا تحریک آن‌ها را در پی‌داشته باشد. به عنوان مثال، پاتوژن‌های(بیماری‌زا)

1- Food and agriculture organization(FAO)
سازمان خوار و بار کشاورزی

2- Pseudomonas
3- Lactobacillus

غـذایی نظیـر یرسـینا انترولیکـا[1]، آئرومونـاس هیـدروفیلا[2]، آئرومونـاس کاویا[3] و لیستریا منوسیتوژنس[4] از بسته‌های کـاهو جداسازی شده‌اند.[۷] بنابراین یک اختلاط مناسب از ترکیـب گازی، ابعاد بسته‌بندی و نفوذپذیری فیلم برای ایجاد شـرایط بهینه تنفس محصول، بـسیار مهـم اسـت. برخـی از محققـان عنوان کرده‌اند که غلظت‌های خیلی بالای اکسیژن(۷۰kpa ≤) نیز می‌تواند یک جایگزین مناسـب بـرای اتمـسفرهای تغییـر یافته با غلظـت‌هـای پـایین اکـسیژن در جلـوگیری از تـنفس بی‌هوازی، مهار رشد طبیعی میکروارگانیسم‌های عامل فساد و حفظ کیفیت تازگی در محصولات برش خورده باشد. نتـایج ارائه شده توسط آلنـده[5] و همکـاران (۲۰۰۷) ادعـای فـوق را تأییـد و نـشان داده اسـت، مقـادیر بـالای اکـسیژن (kpa ۱۰۰-۸۰) می‌تواند باعث کاهش آسیب بافـت و رشـد میکروب‌ها شده و اثر مفیـدی در حفـظ کیفیـت بـرش‌هـای اسفناج داشـته اسـت. هـم چنـین ایـن محققـان دریافتـه‌انـد غلظت‌های بالای اکسیژن اولیه (kpa ≥۷۰) رشـد قـارچ‌هـا و مخمرها را در توت فرنگی و تمشک کاهش می‌دهد.[۱۷]

شکل ۲- بسته‌بندی میوه‌های برش خورده

۲-۱-۱- کنترل واکـنش‌هـای قهـوه‌ای شـدن تحـت شرایط اتمسفر کنترل شده

یکی از تغییرات نامطلوب حاصل از فرآوری و یـا بـرش میوه و سبزیجات، تغییر رنگ در اثر واکنش‌های قهوه‌ای شدن می‌باشد و این امر، اثر منفی بر مـشتری پـسندی محـصول دارد. اغلب روش‌هایی که برای کنترل واکنش‌های قهـوه‌ای شدن میوه و سبزیجات برش خورده ارائه گردیده است، بر اساس جلـوگیری از فعالیـت آنزیمـی پلـی‌فنـل اکـسیداز[6] متمرکز هـستند. از آنجـایی کـه اکـسیژن در واکـنش‌هـای قهوه‌ای شدن مورد نیاز است، به کارگیری اتمسفر اصـلاح شده با کاهش سطح اکسیژن و افـزایش دی اکـسید کـربن مـی‌توانـد کمـک مثبتـی در جلـوگیری از قهـوه‌ای شـدن محـصولات بـرش خـورده نمایـد. بـه طـوری‌کـه غلظت‌های پـایین اکـسیژن(۵-۲/۵ درصـد) در ترکیـب بـا سطوح متوسط دی‌اکسید کربن(۲۰-۱۰درصد) جهت حفظ ظاهر برش میوه‌هایی نظیر هلو، کیوی، انبه و خربـزه مـورد استفاده قرار گرفته است. با این حال، شرایط اتمـسفری بـا اکسیژن کم و دی اکسید کربن بالا نمی‌تواند به طور مؤثری قهوه‌ای شدن در برش‌های میوه و سـبزیجات دیگـر نظیـر سیب، موز، گلابی و سیب زمینی را به علت مقـادیر بـالای ترکیبات فنلی مهار کند. (شکل ۲) در این دسته محصولات از مواد ضداکسیدانی، اسید اسکوربیک[7] به دلیل نقش مـؤثر آن‌ها در جلوگیری از واکنش‌های قهـوه‌ای شـدن اسـتفاده می‌گردد.[۱۵]

قهوه‌ای شدن برخـی از سـبزیجات برگـی نظیـر کـاهو می‌تواند در نتیجه صدمه‌دیدگی بافت و بیوسـنتز ترکیبـات فنولی صورت پذیرد. این ترکیبات فنولی، سوبـسترای لازم برای آنزیم پلی فنل‌اکـسیداز مـی‌باشـد.(شـکل ۳) اگرچـه اتمسفر با مقادیر بالای دی‌اکسید کربن می‌توانـد بیوسـنتز[8] ترکیبات فنلی را مهار کند، اما کاهش بیش از حـد اکـسیژن بسته‌های اتمسفر اصلاح شده می‌تواند منجر بـه پوسـیدگی درونی و ایجاد بد طعمی گـردد. از ایـن رو، بـه کـارگیری اتمسفرهای با اکسیژن بـالا بـرای جـایگزینی غلظـت‌هـای پایین اکسیژن و بالای دی-اکسیدکربن در مهار قهوه‌ای

1-Yersinia enterocolitica
2- Aeromonas hydophila
3- A.cavia
4- Listeria monocylogens
5- Alendeh

6- Polyphenol oxidase
7-Ascorbic
8- Biosynthesis

شکل ۳- بسته‌بندی انواع میوه

شکل ٤- بسته‌بندی کاهوی برش خورده

شدن آنزیمی برای این دسته از محصولات پیشنهاد گردیده است.(شکل ٤) اتمسفرهای حاوی ۸۰ کیلوپاسکال اکسیژن و ۲۰ کیلوپاسکال دی اکسید کربن در جلوگیری از فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و کنترل قهوه‌ای شدن آنزیمی در کاهو توصیه می‌گردد.[۱۳]

۲-۱-۲- جلوگیری از تغییر رنگ میوه و سبزی تحت شرایط اتمسفر کنترل شده

تغییر رنگ یکی از مشکلات عمده در محصولات گیاهی نظیر پیاز، سیر و تره فرنگی است که می‌تواند باعث ایجاد رنگ صورتی، قرمز، سبز یا آبی گردد.

زمانی که محصول در طی حمل‌ونقل یا فرآوری دچار صدمات بافتی گردد، رنگ آن در اثر واکنش های آنزیمی و شیمیایی دچار تغییر می‌شود.

تغییر رنگ صورتی یکی از علل اصلی افت کیفیت در برش‌های کاهو می‌باشد. این تغییر رنگ را می‌توان به طور مؤثری با قرارگیری تکّه‌های کاهو در غلظت‌های ($\geq$۲/۵ kpa ۲) کنترل نمود. همچنین، استفاده از پوشش‌های بر پایه آلژینات با سامانه اتمسفر اصلاح شده، فرآیند تخریب کلروفیل[1] و شکل‌گیری فئوفتین[1] در بافت را کاهش می‌دهد.[۹]

1- Chlorophyll

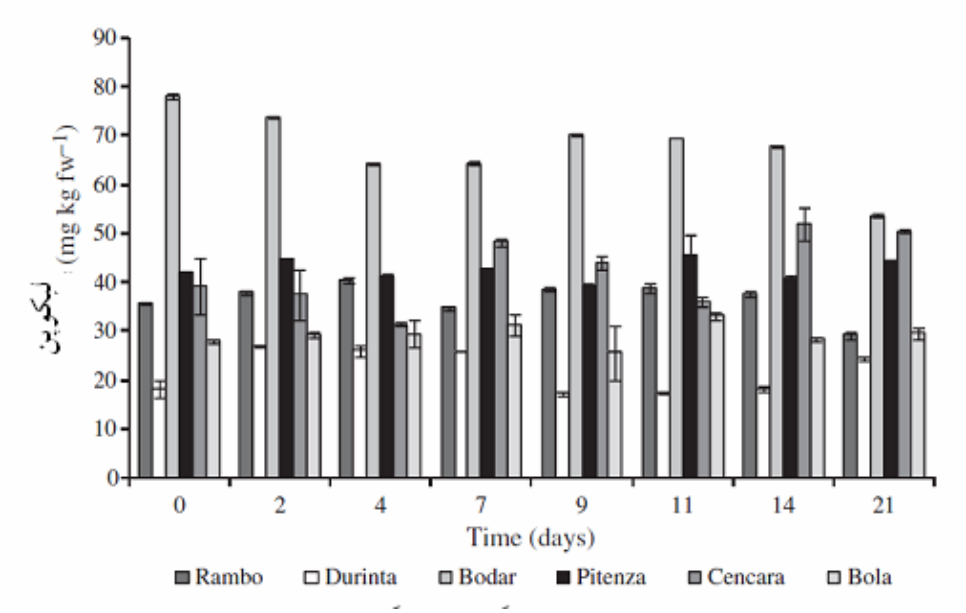
۲-۱-۳- جلوگیری از نرمی میوه و سبزیجات برش خورده تحت شرایط اتمسفر کنترل شده

بسیاری از تغییرات ایجاد شده در محصولات تازه و برش خورده تحت تأثیر شرایط فرآوری محصول می‌باشد. فرآوری این دسته از محصولات عمدتاً با از بین رفتن استحکام بافتی آن همراه است.

تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن معمولاً تأثیر چندانی بر بافت میوه‌های برش خورده ندارد. به عنوان مثال اتمسفر حاوی ۲ تا ٤ کیلو پاسکال اکسیژن و ٤ تا۱۰ کیلو پاسکال دی اکسید کربن اثری بر روی سرعت نرم شدن برش‌های موز ذخیره‌ای به مدّت ٤ روز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نشان نداده است.(شکل ۵) بنابراین عمدتاً برای حفظ بافت و جلوگیری از نرم شدن بافت میوه‌ها از فرآیند غوطه‌وری در نمک‌های کلسیم استفاده می‌شود.[۱۸]

۲-۱-٤- حفظ ارزش تغذیه‌ای و فعالیت ضداکسیدانی در برش‌های میوه و سبزیجات تازه

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نسبت به روش‌های معمولی بسته‌بندی سبب حفظ ترکیبات مغذّی و ارزش تغذیه‌ای بیشتری در میوه‌ها و سبزیجات برش خورده می‌گردد. (شکل ٦) نتایج پژوهش اثر اتمسفر اصلاح شده بر میزان دی ساکاروز[۲] در برش‌های هویج نشان داد که این ماده تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده حاوی ٤ تا ۱۰ درصد دی اکسید کربن و ۱ تا ۲ در صد اکسیژن به خوبی حفظ می‌گردد. همچنین ویتامین C باقی‌مانده در برش‌های اسفناج که به مدّت ۷ روز تحت شرایط ٦ درصد اکسیژن و ۵ تا ١٤ درصد دی اکسیدکربن قرار گرفته بود، بیش از مقدار آن در بسته‌بندی معمولی بود[۱۵]، اما نتایج تحقیق در خصوص مقادیر لیکوپن[۳] در برش‌های گوجه فرنگی تحت شرایط اتمسفری در زمان ١٤ روز و در دمای ۵



شکل ۵- تغییرات در محتوای لیکوپن برش‌های گوجه فرنگی تازه از ارقام مختلف تحت اتمسفری با ۵ کیلو پاسکال اکسیژن و ۵ کیلو پاسکال دی اکسید کربن

1- Pheophytin

2- D-sucrose

3- Lycopene

درجه سانتی‌گراد اثر مطلوبی را در این شـرایط نگـه‌داری به دلیل سنتز[1] لیکوپن در طی فرآیند رسـیدن و بـا اکـسایش[2] اندک کارتنوئیدها[3] در حضور مقادیر کـم اکـسیژن در فـضای آزاد بسته‌بندی نشان داده است.[۱۱]

شکل ٦- بسته‌بندی سیب برش خورده

۲-۱-۵- جلوگیری از تغییر عطر و آرومـا در میـوه و سبزی برش خورده

سامانه‌های بسته‌بندی با اتمسفر اصـلاح شـده مـی‌توانـد محتوای مواد فرار میوه را به شدّت دچار تغییر نماید. در میوه و سبزیجات برش خورده تحت اتمسفرهای با اکـسیژن کم و دی اکسید کربن بالا، بوی بد[4] (ناخوشایند) گـسترش می‌یابد. تأثیر مفید اتمسفر اصـلاح شـده در ایـن رابطـه را می‌توان به کاهش فعالیت سوخت و ساز کلی در بافت‌های گیاهی نسبت داد، با این حال، اگر فشار جزئی اکـسیژن در اتمسفر اصلاح شده به محدوده پائین‌تـر از آسـتانه تخمیـر برسد، در بافت محصول، تنفس بی‌هوازی آغاز می‌گردد که متناظر با تولید مواد فرار بدبو و بد طعم[5] می‌باشد.

اثـر اتمـسفرهای اصـلاح شـده غیـر فعـال بـر روی مشخصات طعم برش‌های سیب مورد مطالعه قـرار گرفتـه است، نتایج حاصله بیان داشت که طعم کلی در طـی چنـد روز اول پس از فرآوری افزایش یافته و سپس یک کـاهش چشمگیر در طی ۹ روز ایجاد می‌گردد. (شکل ۷) همچنین برش‌های کاهو در بسته‌های با سرعت انتقال پایین اکسیژن و در بیشتر اتمسفرهای اصلاح شده نسبت به نمونـه‌هـایی که در بـسته‌هـای بـا سـرعت انتقـال بـالای اکـسیژن قـرار داشته‌اند، بوهای بد قوی‌تری ایجـاد مـی‌کننـد. از ایـن رو بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که منفـذها و میکرومنفـذها[6] در بـسته‌هـای پلـی‌مـری تـشکیل بوهـای بـد را کـاهش می‌دهد.[۱۵]

شکل ۷- بسته‌بندی هوشمند سبزیجات برش خورده

1- Synthesis
2- Oxidation
3- Carotenoid

4- Off-odours
5- Off-flvour
6- Micro-perforated

۲-۲- بسته‌بندی فعال

بسته‌بندی فعال یکی دیگر از سامانه‌های بسته‌بندی بسیار کارآمد در حفظ کیفیت و ایمنی میوه و سبزیجات برش خورده می‌باشد. سامانه‌های بسته‌بندی فعال با طراحی خاص و با استفاده از مواد تشکیل‌دهنده فعال که عمدتاً در مواد بسته‌بندی و یا فضای آزاد بسته تعبیه می‌شود، موجب کنترل واکنش‌های نامطلوب در محصول می‌گردد.

در حال حاضر، کاربردی‌ترین فنّاوری‌های بسته‌بندی فعال در حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزیجات تازه به صورت استفاده از بسته‌های کوچک[1] حاوی مواد فعال در بسته‌بندی این محصولات می‌باشد.[۱۱] مواد فعال مورد استفاده در بسته‌بندی میوه و سبزی شامل موارد زیر است:

۲-۲-۱- جاذب اکسیژن

سطوح بالای اکسیژن در فضای آزاد بسته‌بندی حاوی میوه و سبزیجات منجر به افت کیفیت و ایمنی محصول و افزایش تولید اتیلن و اکسایش موادی از قبیل ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها، ترکیبات معطر و لیپیدها[2] می‌گردد، از سوی دیگر با تسهیل رشد میکروارگانیسم‌های هوازی، شرایط فساد میکروبی را در محصول فراهم می‌کند. میکروارگانیسم‌های هوازی از جمله سودوموناس[3]، آسپرژیلوس[4]، پنی‌سیلیوم[5] و میکروارگانیسم‌های خانواده انترو‌باکتریاسه[6] می‌توانند در اتمسفر حاوی ۱ تا ۲ درصد اکسیژن، حتّی در سطوح بالای دی‌اکسید کربن رشد کنند.

کاربردی‌ترین جاذب اکسیژن تجاری بر پایه مکانیزم اکسایش آهن و تولید اکسید آهن استوار است. این مکانیزم می‌تواند غلظت اکسیژن در فضای آزاد بسته را به کمتر از ۱۰۰ ppm کاهش دهد. رباینده‌های اکسیژن غیرفلزی مانند اسید اسکوربیک، نمک اسکوربات[7]، کاتکول[8]، گلوتاتیون[9]، آنزیم‌ها(به عنوان مثال، گلوکز[10] اکسیداز و اتانول[11] اکسیداز) و اسیدهای چرب اشباع نشده(به عنوان مثال اسید اولئیک[12] و اسید لینولئیک[13]) می‌توانند در مواد بسته‌بندی در ارتباط با مواد غذایی بدون هیچ گونه خطری استفاده شوند. این مواد اغلب غیر سمّی هستند، اما ظرفیت مهارکنندگی کمتری نسبت به جاذب‌های فلزی دارند.

$ZerO_2$[14] یک پلی‌مر تجاری می‌باشد و تا زمانی که توسط اشعه فرا بنفش فعال نگردد، غیر فعال می‌ماند. همچنین فرآیند اکستروژن[15] در ساخت بسته‌بندی به فعالیت آن آسیب نمی‌رساند. این ماده به عنوان جاذب اکسیژن در یک ساختار چند لایه قرار گرفته و عمل حذف اکسیژن از بسته، پس از مرحله دوخت توسط فعال‌سازی با اشعه فرابنفش صورت می‌گیرد. سینی آکسی‌گارد[16] یکی دیگر از نمونه‌های تجاری، حاوی جاذب اکسیژن در بسته‌بندی چند لایه برای محصولات برش خورده میوه و سبزی است. این بسته‌بندی شامل یک لایه با قابلت دوخت حرارتی می‌باشد، لایه داخلی جاذب اکسیژن و یک لایه برای جلوگیری از رسیدن اکسیژن جو به لایه جاذب و یک لایه بیرونی قوی برای حفاظت از بسته می‌باشد.

به طور کلی ممانعت گازی مواد بسته‌بندی به شدّت تحت تأثیر دما و رطوبت قرار می‌گیرند. تغییر خواص ممانعتی مواد بسته‌بندی با کاربرد نادرست دما (به عنوان مثال، نوسان درجه حرارت در طول حمل‌ونقل) یکی از مشکلات مهم در تنزل کیفیت محصول می‌باشد.

1- Sachets
2- Lipid
3- Pseudomonas spp
4- Aspergillus
5- Penicillium spp
6- Enterobacteriaceae

7- Ascorbat
8- Catechol
9-Glutathione
10- Glucose
11- Etanol
12- Oleic acid
13- linoleic acid

۱۴- یک پلی‌مر تجاری می‌باشد و تا زمانی که توسط اشعه فرا بنفش فعال نگردد، غیر فعال می‌ماند.

15- Extrusion
16- Oxyguard

از این رو، مواد بسته‌بندی در صنعت عرضه شده‌اند که قادر به تغییر نفوذپذیری خود نسبت به گاز با توجّه به درجه حرارت ذخیره‌سازی باشند. فیلم نفوذ پذیر نسبت به گاز یا به اصطلاح بسته‌بندی قابل تنفس[1]، یک بسته‌بندی تجاری است که امکان تبادل گاز بین اتمسفر داخلی و خارجی بسته را فراهم می‌کند.

مشکل اصلی جاذب‌های اکسیژن برای کاربرد در بسته‌بندی میوه و سبزیجات برش خورده، ایجاد شرایط بی‌هوازی می‌باشد. این حالت زمانی که ظرفیت مهار اکسیژن تولیدی توسط جاذب‌های اکسیزن بیشتر از نفوذپذیری بسته‌بندی نسبت به اکسیژن باشد، رخ خواهد داد. بنابراین انتخاب جاذب اکسیژن مناسب، نیازمند مدل‌های ریاضی برای ارزیابی غلظت اکسیژن در طول ذخیره‌سازی است.[۱۵]

۲-۲-۲- جاذب رطوبت[2]

یکی از عوامل مؤثر در حفظ تازگی و کیفیت میوه و سبزیجات برش خورده، کنترل رطوبت نسبی اتمسفر در طی ذخیره‌سازی می‌باشد. میوه‌ها و سبزیجات از طریق تعرق تولید آب می‌کنند که میزان تعرق آن‌ها به درجه حرارت و تفاوت درجه حرارت روز و شب وابسته می‌باشد. مقدار رطوبت در بسته‌بندی موادغذایی، نتیجه تعرق محصول و نفوذپذیری بسته به بخار آب است. در برش‌های میوه‌ها و سبزیجات از طریق پدیده انتشار، آب از بافت برش خورده وارد فضای بسته می‌گردد. رطوبت نسبی بیش از حد داخل بسته، منجر به رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها شده، در حالی که از دست دادن بیش از حد آب میوه و سبزی نیز منجر به پوسیدگی و از دست دادن کیفیت و خواص حسی آن می‌گردد.

فیلم‌های دارای روزنه‌های کوچک با تعداد و اندازه معین، روش دیگری برای کنترل رطوبت در اطراف برش‌های میوه و سبزیجات است. اگر چه فیلم‌های کامپوزیت[3] و پلی‌مری با نفوذ پذیری بالا به بخار توسعه یافته‌اند. با این حال، آن‌ها با توجّه به آزادسازی بالای آب و توزیع نابرابر رطوبت در داخل بسته عملکرد کاملاً مؤثری در جلوگیری از افت کیفیت این دسته از محصولات ندارند. ژل سیلیکا[4]، خاک رس، اکسید کلسیم، کلرید کلسیم و نشاسته اصلاح شده، نمونه‌های تجاری جاذب رطوبت در بسته‌بندی میوه و سبزیجات برش خورده می‌باشد.

۲-۲-۳- جاذب اتیلن[5]

اتیلن هورمون تحریک‌کننده رشد در میوه و سبزی بوده و رسیدن میوه را سرعت می‌بخشد. پس از مرحله رسیدگی میوه، اتیلن باعث افزایش شدّت تنفس میوه و تغییرات بافت و رنگ آن به خصوص در میوه‌های کلایمتریک[6](فرازگرا) نسبت به میوه‌های غیر کلایمتریک[7] (فرازگرا) می‌گردد. اتیلن همچنین تخریب کلروفیل را در سبزیجات برگ‌دار سرعت بخشیده و موجب از بین رفتن رنگ سبز این دسته از محصولات می‌گردد. بنابراین، کنترل غلظت اتیلن در فضای آزاد بسته، زمان ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهد. تهویه مناسب به طور سنتی برای کاهش غلظت اتیلن در فضای آزاد بسته‌های باز برای میوه و سبزیجات تازه استفاده شده است.

مطالعه گسترده در خصوص استفاده از پرمنگنات پتاسیم[8] به عنوان یک جاذب اتیلن، کاربرد تجاری این ماده را به همراه داشته است. پتاسیم پرمنگنات، اتیلن آزاد شده در فضای اطراف محصول، از طریق واکنش اکسایشی تولید اتیلن گلیکول[9] به دی اکسید کربن و آب تجزیه می‌شود. دی اکسید کربن و آب حاصل از تجزیه اتیلن گلیکول، دارای اثر ثانویه در گسترش زمان ماندگاری محصول می‌باشد. به طوری که دی اکسید کربن، شدّت تنفس میوه‌ها را کاهش داده و مانع از سنتز اتیلن در درون

1-Breathable packaging
2-Humidity Absorbers
3- Composite

4- Silica gel
5- Ethylene Absorbers
6-Climacteric
7- Nonclimacteric fruits
8- Potassium
9- Ethylene glycol

برش‌های میوه و سبزیجات می‌گردد. از سوی دیگر غلظت بالای بخارآب در داخل بسته‌بندی نیز میزان تعرق محصول را کاهش می‌دهد. در واقع پرمنگنات پتاسیم به سبب سمیت آن، در تماس با محصولات غذایی قرار نمی‌گیرد. از این رو معمولاً آن را در سیلیکا که در داخل کیسه یا فیلمی که ضریب نفوذ پذیری بالایی نسبت به گاز اتیلن دارند، قرار می‌دهند. اتیلن نفوذی به درون این بخش به سرعت توسط پرمنگنات پتاسیم جذب خواهد شد. البته فیلم‌های پلی‌مری مورد استفاده برای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیجات نیز می‌تواند به پتاسیم پرمنگنات آغشته گردند.

مطالعات انجام شده حاکی از آن است که فیلم‌های پلاستیکی حاوی پرمنگنات پتاسیم نقش مؤثری در به تأخیر انداختن رسیدگی گوجه فرنگی دارد که این امر از طریق اندازه‌گیری توسعه رنگ گوجه فرنگی تعیین شد و زمان ماندگاری و حفظ خصوصیات کیفی گوجه فرنگی با کاربرد این نوع بسته‌بندی تا ٨٤ روز توسعه یافت.

هوارد[1] و همکاران (٢٠٠٦) گزارش کردند، پرمنگنات پتاسیم به طور مؤثری اتیلن را از فضای آزاد بسته حاوی تکّه‌های پیاز حذف و سطح مواد فرار گوگردی و دی اکسید کربن تولید شده توسط محصول را نیز کاهش داده است. برش‌های پیاز در ٢ درجه سانتی‌گراد به مدّت ١٠ روز بدون فساد حفظ شدند. پالادیوم[2](PD) و دی اکسید تیتانیوم فعال نوری[3] (TiO_2) به عنوان کاتالیزورهای[4] فلزی برای سرعت بخشیدن به واکنش اکسایش با پرمنگنات پتاسیم استفاده شد که ظرفیت جذب پرمنگنات پتاسیم را تا ٦ برابر افزایش داد.

استفاده از کربن فعال و زئولیت[5] در بسته‌بندی میوه و سبزیجات آثار قابل توجّهی در ماندگاری محصول داشته است. استفاده از کربن فعال با کلرید پالادیوم[6](به عنوان یک کاتالیزور) مانع از تجمع اتیلن در فضای آزاد بسته گوجه فرنگی و به تأخیر افتادن شاخص‌های کیفی محصول به عنوان مثال از دست دادن وزن، رنگ، ثبات و استحکام میوه و بهبود خواص حسی آن شده است.[١٦] همچنین این دسته از مواد، سرعت نرم شدن کیوی و از دست دادن کلروفیل در برگ‌های اسفناج ذخیره شده در ٢٠ درجه سانتی‌گراد را کاهش داده است. استفاده از ١- متیل سیکلوپروپان[7] نیز مانع جذب اتیلن در بافت‌های گیاهی می‌گردد.[١٥]

٢-٢-٤- منتشرکننده‌های دی اکسید کربن

سطح بالای دی‌اکسیدکربن در فضای آزاد بسته‌بندی میوه و سبزی موجب تأخیر رشد میکروارگانیسم‌های هوازی شده و فرآیندهای پیری و تنفس را کاهش می‌دهد. از طرفی میزان منتشرکننده‌های دی‌اکسید کربن نباید در حدی باشد که منجر به متابولیسم‌های[8] بی‌هوازی گردد. اکثر فرایندهای تولید دی‌اکسید کربن توسط رطوبت جذب شده از غذای بسته‌بندی شده، فعال می‌گردد. بنابراین، مکانیسم فعال‌سازی در غذاهایی با رطوبت متوسط کاربرد محدودی دارد، اما در مواد غذایی یا رطوبت بالا از قبیل گوشت، ماهی، میوه و سبزیجات عملکرد مناسبی دارد. در این فنّاوری از واکنش سدیم بی‌کربنات[9] با عوامل مرطوب مانند آب در حضور اسیدیته تولیدی توسط دی‌اکسید کربن استفاده می‌شود.[١٥]

٢-٣- بسته‌بندی هوشمند

در بسته‌بندی هوشمند نوعی فنّاوری به کار می‌رود که اطّلاعات درباره تاریخچه و کیفیت محصول توسط نشانگرهای بسته‌بندی هوشمند را که بر روی بسته تعبیه شده است، را نشان دهد.

1- Howard
2- Palladium
3- light-activated titanium dioxide
4- Catalyst
5- Zeolite
6- Palladium II chloride
7- Methylcyclopropane
8- Metabolical
9- Sodium becarbonate

۲-۳-۱- نشانگرهای دما- زمان

دما قطعاً تأثیرگذارترین عامل بر شدّت تنفس، رشد میکروبی، واکنش‌های شیمیایی و فعالیت‌های متابولیکی گیاه است. کنترل دقیق درجه حرارت می‌تواند روند افت کیفیت میوه‌ها و سبزیجات را به تأخیر اندازد. میزان تنفس گیاهان تقریباً با افزایش هر ۱۰ درجه دو برابر می‌شود. کنترل درجه حرارت بسته‌بندی می‌تواند یک برنامه خوب برای جلوگیری از تغییرات دما در محصول باشد. در این بین، نشانگرهای دما–زمان (TTI)[1] به عنوان شاخص ایمنی و کیفی محصول در بسته‌بندی‌های هوشمند قرار می‌گیرند. عملکرد TTI بسیار دقیق، حساس و برگشت‌ناپذیر است و به طور کلی مبتنی بر تغییرات مکانیکی، شیمیایی، آنزیمی و یا میکروبی است. نشانگرهای دما – زمان به صورت برچسب‌هایی در داخل بسته‌بندی و یا بر روی محصول قرار می‌گیرند. برخی از نشانگرهای دما – زمان به شدّت به نور فرا بنفش حساس می‌باشد. این نشانگرها به خصوص در سالاد تازه، برای جلوگیری از افت سریع کیفیت در طی زمانی که دمای نگه‌داری خارج از محدوده بهینه نوسان کند، استفاده می‌گردد.[۱۴]

۲-۳-۲- شاخص مواد فرّار و گاز[2]

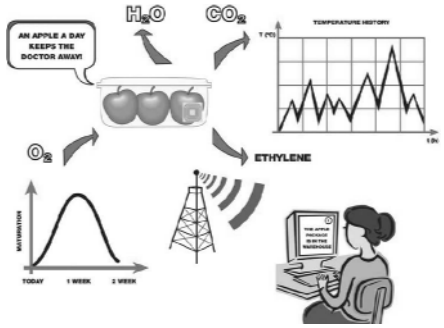
تازگی میوه‌ها و سبزیجات را می‌توان با اندازه‌گیری گاز و مواد فرار در فضای آزاد بسته تعیین کرد. این شاخص می‌تواند متابولیت‌های فرّار تولیدی توسط محصول نظیر: اکسیژن، دی اکسید کربن، دی استیل[3]، آمین، اتانول[4]، و سولفید هیدروژن[5] را تشخیص دهد. غلظت اتانول در فضای آزاد بسته را می‌توان توسط آنزیم و واکنش‌های آنزیمی مبتنی بر سوبستراهای تولیدکننده رنگ که نشان‌دهنده میزان تخمیر است، اندازه‌گیری کرد. بروموتیمول بلو[6] و متیل قرمز[7] از نمونه شاخص‌های رنگی حاصل از تخمیر میوه و سبزی هستند. این دسته مواد با دی اکسید کربن تولیدی توسط تخمیر واکنش داده و شدّت رنگ حاصل، درجه تخمیر را تعیین می‌نماید.

شاخص‌های کیفی میکروبی بر مبنای تولید دی اکسید کربن کاربرد محدودی در میوه و سبزیجات دارند، زیرا دی اکسید کربن حاصل از تنفس میوه و سبزی آن چنان زیاد است که دی اکسید کربن تولیدی از طریق متابولیسم‌های میکروبی را می‌پوشاند. شاخص‌های مبتنی بر اندازه‌گیری‌های عطر نیز در سال‌های اخیر توسعه یافته است که در اینجا درجه تخمیر میوه بر اساس ترکیبات حساس به عطر میوه و تطبیق رنگ حسگر طراحی شده‌اند. با استفاده از این ترکیبات حساس به عطر میوه، رنگ حسگر تغییر می‌کند.[٦]

۲-۳-۳- شناسایی فرکانس رادیویی

این فنّاوری با استفاده از امواج رادیویی برای شناسایی محصول و ردیابی آن استفاده می‌شود. این فنّاوری شامل افزودن یک برچسب RFID[8] به بسته‌بندی محصول به عنوان یک حسگر مناسب به منظور جمع‌آوری اطّلاعات مورد نظر در خصوص وضعیت محصول می‌باشد. داده‌های ذخیره شده در برچسب توسط حسگر به یک سامانه رایانه‌ای منتقل و پایش می‌گردد. این داده‌ها اطّلاعاتی از محصول (محتوای برچسب) و تاریخ آن (تاریخ از زمان تولید، مدّت زمان در زنجیره توزیع، درجه حرارت، فشار، رطوبت، گاز و نشت گاز) منتقل می‌کند.(شکل ۸) اطّلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، می‌تواند برای قضاوت از وضعیت تولید از جمله ردیابی در مورد شیوع عفونت‌های ناشی از مواد غذایی استفاده گردد.[٥]

1- Time – Temperature Integrators (TTI)
2- Gas and volatile indicators
3- Amine, ethanol
4- Etanol
5- Sulfide hydrogen
6- Bromothymol blue
7- Methyl red
8- Radio frequency identification (RFID)



شکل ۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها در بسته‌بندی هوشمند

۲-٤- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی دارای عملکرد ضد میکروبی

استفاده از پوشش‌های خوراکی همراه با خصوصیات ضد میکروبی روش دیگری جهت ارتقاء ایمنی محصولات برش خورده است. فیلم‌های خوراکی می‌توانند سرعت انتشار مواد ضد میکروبی در سطح ماده غذایی را طی زمان کنترل نمایند. فساد میکروبی سطحی علت اصلی اتمام زمان ماندگاری برش‌های میوه و سبزیجات تازه است.

در این میان، برداشت کنترل نشده، حمل‌ونقل، فرآوری و بسته‌بندی نامناسب، دلایل اصلی آلودگی میکروبی می‌باشد. اگر چه میوه‌ها و سبزیجات تازه برداشت شده دارای یک فلور[1] اولیه حاوی کلی فرم‌ها به خصوص اشریشیاکلی، باکتری‌های اسید لاکتیک، سودوموناس وارووینا[2]، مخمرها، کپک‌ها و سودوموناس بوده که علل اصلی فساد برش‌های میوه و سبزیجات در شرایط هوازی و نگه‌داری در سرما هستند، اما در اثر برش، سد بیرونی طبیعی محصول(پوست) شکسته و منجر به آزادسازی مواد مغذّی در حضور میکروارگانیسم‌ها می‌شود.[٤] بر اساس گزارش[3] FDA در سال ۲۰۰۷ حدود ۲٦٪ از شیوع بیماری در ایالات متحده بین سال‌های(۲۰۰٦ - ۱۹۹٦) با مصرف محصول برش خورده ارتباط داشته است. اضافه کردن عوامل ضد میکروبی مانند پراکسید هیدروژن، اسید پروکسیاستیک[4]، ازن، آب کلر و عصاره‌های گیاهی با خاصیت ضد میکروبی به آب شستشو کاهش فعالیت ضد میکروبی مؤثری را نشان می‌دهد، اما عملکرد این دسته از مواد جهت نابودی تمامی میکروب‌های عامل فساد در سطوح میوه موفقیت‌آمیز نبوده است. به طوری که اثر ضد میکروبی آن‌ها به دلیل واکنش اکثر این عوامل با ماده غذایی به سرعت کاهش می‌یابد.[۱۵]

در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی حاوی عوامل ضد میکروبی، این مواد با غلظت کنترل شده‌ای در طی زمان انتشار یافته و در طی مدّت ماندگاری از رشد میگروارگانیسم‌های مورد نظر جلوگیری می‌کند، این امر با انتخاب مواد بسته‌بندی و ضد میکروبی مناسب و سازگاری با ساختار بسته‌بندی امکان‌پذیر می‌باشد. مواد ضد میکروبی باید از موادی با قطبیت متوسط (آب دوست/ آب گریز) بدون بر هم کنش قوی با مواد بسته‌بندی و امکان رهاسازی سریع از مواد بسته‌بندی افزوده گردد. ترکیب عوامل ضد میکروبی در مواد بسته‌بندی و یا استفاده از فیلم‌های چند لایه که در آن فقط یک لایه آغشته به مواد ضد میکروبی است، سبب ثبات میکروبی مرغ خام، سیب و توت فرنگی شده است. علاوه بر این، عصاره میخک، دارچین و اسانس پونه کوهی به طور کامل رشد کاندیدا آلبیکانس[5] آسپرژیلوس فلاووس[6] واریتیوم ریپنس[7] را در شرایط آزمایشگاهی هنگام به‌کارگیری در پوشش کاغذ حاوی پارافین، کند نموده و به طور کامل در توت فرنگی از رشد قارچی در زمان ذخیره‌سازی به مدّت ۷ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد محافظت کرده است.

1- Fluor
2- Erwinia
3- U.S.Food and drug administration

4- Peroxyacetic acid
5- Candida albicans
6- Aspergillus flavus
7- Eurotium repens

از کیتوزان به عنوان یک فیلم پلی‌ساکاریدی به طور گسترده به خاطر توانایی آن در مهار باکتری‌های بیماریزا و قارچ‌ها در پوشش‌های خوراکی در برش‌های میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌گردد. از این ترکیب همچنین برای حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری تکّه‌های انبه، سیب، توت فرنگی و قارچ از کیتوزان استفاده می‌کنند. علاوه بر این دانشمندان ه اثر افزودن اسید سیتریک و اسید اسکوربیک در پوشش‌های هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر گونه‌های گوجه فرنگی را مورد مطالعه قرار دادند، آن‌ها مشاهده کرده‌اند که به‌کارگیری این پوشش‌ها به تنهایی موجب کاهش جمعیت سالمونلا[1] شده و افزودن ۰/٤٪ اسید سوربیک به پوشش‌های خوراکی منجر به کاهش قابل توجّه بیشتری شده است.[۸] لی[2] و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر پوشش‌های خوراکی بر پایه کنسانتره[3] کاراگینان[4] و پروتئین‌های آب پنیر را در ترکیب با مواد ضد قهوه‌ای شدن در برش‌های سیب مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که تلقیح اسید اسکوربیک، سیتریک و اگزالیک[5] در حفظ رنگ در طی دو هفته مفید است.[۱۲] به طور کلی مواد ضد میکروبی را که در پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی تلقیح شده‌اند، می‌توان در چند طبقه که شامل اسیدهای آلی(اسید استیک، بنزوئیک، اسید لاکتیک، پروپیونیک و سوربیک)، استرهای اسید چرب، پلی‌پپتیدها، روغن‌های ضروری گیاهی(دارچین، پونه کوهی و غیره)، نیتریت‌ها[6] و سولفیت‌ها دسته‌بندی کرد.

۳- نتیجه گیری

با توجّه به رشد جوامع انسانی و گسترش غذاهای آماده، تمایل به استفاده از انواع سالاد آماده و برش‌های میوه و سبزیجات تازه رو به افزایش است. با این وجود فسادپذیری بالای برش‌های میوه و سبزیجات و واکنش‌های آنزیمی ناخواسته، نیاز به بسته‌بندی مناسب را بیشتر نمایان می‌سازد. این امر علاوه بر حفظ کیفیت اولیه محصول، در مشتری‌پسندی آن نیز نقش بسزایی دارد. در این مقاله به معرفی مهم‌ترین سامانه‌های بسته‌بندی میوه و سبزیجات برش خورده پرداخته شده است. با توجّه به این که اکثر سامانه‌های اتمسفر اصلاح شده مورد استفاده در حال حاضر به تنهایی در جلوگیری از فرآیندهای قهوه‌ای شدن ناشی از صدمه‌دیدگی بی‌تأثیر بوده و همچنین استفاده از فیلم‌های پلی‌مری در اتمسفر اصلاح شده دارای محدودیت‌هایی در ساختار و نفوذپذیری می‌باشند، این نقص‌ها باعث افزایش خروج رطوبت از بسته و یا شکل‌گیری آب‌های کندانس[7] و تکثیر میکروب‌ها در داخل بسته گردد.

از سوی دیگر به‌کارگیری فنّاوری بسته‌بندی فعال و هوشمند در بسته‌های تحت اتمسفر اصلاح شده هنوز در ابتدای شکل‌گیری بوده و تحقیقات گسترده‌ای برای ترویج قابلیت استفاده از بسته‌بندی فعال و هوشمند به عنوان ابزار مؤثر جهت بهبود کیفیت و سلامت برش‌های میوه و سبزیجات تازه مورد نیاز است. بنابراین هر کدام از روش‌های مذکور به تنهایی اثر بخشی لازم را ندارد، از این رو به نظر می‌رسد تلفیق این روش‌ها می‌تواند اثر چشمگیری در حفظ تازگی میوه و سبزی داشته باشد. به طوری که ترکیب سامانه‌های اتمسفر اصلاح شده با پوشش‌های خوراکی راهی منطقی برای بهبود پایداری میکروبی و کیفیت و افزایش زمان ماندگاری برش‌های میوه و سبزیجات تازه می‌باشد. به کارگیری فنّاوری نانو از طریق نانوکپسولاسیون[8]، سامانه‌های چند لایه و پوشش‌های نانولامینه[9] نیز به عنوان حامل ترکیبات اساسی نظیر ضدمیکروب‌ها، ترکیبات ضدقهوه‌ای شدن، ضداکسیدان، آنزیم‌ها، طعم‌دهنده‌ها و رنگ، نقش شایانی در افزایش زمان ماندگاری و حفظ کیفیت مواد غذایی داشته باشد.

1- Samonella
2- Lee
3- Concentrate
4- Carraginan
5- Oxalic
6- Nitrite
7- Condensate
8- Nano nanocapsules
9- Nano laminate

٤- منابع

1. Al-Ati, T. & Hotchkiss, J.H. "Applications of packaging and modified atmosphere to fresh-cut fruits". In: Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market (Edited by O. Lamikanra). Boca raton: CRC Press, 2002.

2. Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. "Review of antimicrobial food packaging". Innovative food science & Emerging technologies.Vol 3, NO. 2, 2002.

3. Brecht, J. K. "Controlled atmosphere, modified atmosphere and modified atmosphere packaging for vegetables". Stewart postharvest Review, Vol. 5, NO. 2, 2006.

4. Cutter, C. N. "Microbial control by packing: A review". Critical reviews in food science and nutrition, Vol. 42, NO. 2, 2002.

5. Day BPF. "Active packaging of food. In: Smart packaging technologies for fast moving consumer goods". Hoboken, NJ: John Wiley, 2008.

6. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. "Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns". Trends in food science and technology,Vol.19, NO. 1, 2008.

7. Farber, J. N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Gorney, J. R., "Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce". Comprehensive review in food science and food safety, Vol. 2, 2003.

8. Franssen, L.R. & Krochta, J.M. "Edible coatings containing natural antimicrobials for processed foods". In: Natural antimicrobials for minimal processing of foods (edited by S. Roller). Pp. 250– 262. Boca Raton: CRC Press, 2003.

9. Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecht, J.K. & Chau, K.V. "Influence of low oxygen and high carbon dioxide on shredded Galega kale quality for development of modified atmosphere packages". Postharvest biology and technology, Vol. 35, 2005.

10. Gil, M.I., Conesa, M.A. & Arte´ s, F. "Quality changes in freshcut tomato as affected by modified atmosphere packaging". Postharvest biology and technology, Vol. 25, 2002.

11. Jong A and Jongbloed, H. "Conditions of purchase: active and intelligent packaging in Europe. Eur food drink rev spring Vol. 1, 2004.

12. Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y. & Choi, W.Y. "Extending shelflife of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents". LWT-food science and technology. Vol. 36, 2003.

13. Lo´ pez-Ga´ lvez, G., Saltveit, M. & Cantwell, M. "The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types". Postharvest biology and technology. Vol.8, NO 3, 1996.

14. L´opez-Rubio A, Lagar´on JM, and Ocio MJ. "Active polymer packaging of non-meat food products". In: smart packaging technologies for fast moving consumer goods. Hoboken, NJ: John Wiley, 2008.

15. M Alejandra R., Gemma Oms-Oliu, R.S.F, Olga M.L. "The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and

vegetables: a review". Vol. 44, NO. 5, 2009.
16. Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R. & Martı´n - Belloso, O. "Effect of minimal processing on bioactive compounds and colour attributes of fresh-cut tomatoes. LWT-food science and technology". Vol. 41, NO. 2, 2008.
17. Van der Steen, C., Jacxsens, L., Devlieghere, F. & Debevere, J. "Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries". Postharvest biology and technology, Vol. 26, NO. 1, 2002.
18. Vilas-Boas, E. & Kader, A.A. "Effect of atmospheric modfiication, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana". Postharvest biology and technology. Vol. 39, NO. 2, 2006.

آدرس نویسنده

مشهد- میدان آزادی- دانشگاه فردوسی مشهد- دانشکده کشاورزی- دپارتمان علوم و صنایع غذایی.