نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۲۱۴-۲۰۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 26, No. 2, Summer 2012, P. 206-214
ISSN: 2008 - 4730

تولید نانو ذرات زیست تجزیه پذیر از موسیلاژهای گیاهی و بررسی اثر کاربرد آنها بصورت پوشش خوراکی

مجید عزیزی[1*]- فاطمه عروجعلیان[2]- حسین عرفایی[3]- فاطمه یزدیان[4]- میترا رحمتی[5]- بی بی فاطمه حقیرالسادات[6]

تاریخ دریافت:۹۰/۵/۲۳
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۲

چکیده

صمغ‌ها، کلوئیدهای آبدوست، هیدروکلوئیدها، موسیلاژها و پلیمرهای آبدوست همگی به موادی اطلاق میشوند که قدرت تشکیل ژل را دارند. لایه محافظ مورد استفاده بر روی مواد غذایی می‌تواند از طریق کاهش هدرروی رطوبت، کنترل تبادلات گازی، تنظیم سرعت واکنش‌های اکسیداتیو و کاهش آلودگی در افزایش عمر نگهداری مواد غذایی موثر باشد. همچنین این پوشش‌ها می‌توانند حامل مواد ضد قهوه‌ای شدن و ضد میکروبی و همچنین حامل موادی باشد که باعث حفظ رنگ و طعم مواد غذایی گردد. بعضی از مزایای پوشش‌های خوراکی شامل اثرات باکتری‌کشی آنها، بالابردن ارزش غذایی محصولات، دلپذیر بودن طعم آنها و حتی کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشند. این تحقیق به منظور دستیابی به نانو ذرات زیست تجزیه پذیر از پلیمرهای گیاهی و بررسی تاثیر این نوع پوشش خوراکی بر خصوصیات نگهداری میوه‌ی خیار در آزمایشگاه صنعتی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و به اجرا درآمد. ابتدا با روش خیساندن[7] موسیلاژ کتیرا (*Astragalus gummifera*)، پنیرک (*Malva silvestris*)، بذر ریحان (*Ocimum basilicum*)، بارهنگ (*Plantago lanceolata*)، اسفرزه (*Plantago psylium*) و تخم شربتی (*Lallemantia royleana*) به عنوان پلیمر طبیعی در دمای معمولی، استخراج شد. از اتیل سلولز به عنوان شاهد استفاده شد. سپس فراکسیون محلول در استن این موسیلاژها تهیه شد و با روش فاز دیسپرشن در محلول آبی دارای موازنه هیدروفیل/لیپوفیل[8] (HLB) های متفاوت بین ۵ تا ۱۵ و همچنین در دورهای ۵۰۰،۷۵۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه نانوذرات بدست آمد. خصوصیات ذره‌ای و خصوصیات مورفولوژیکی نانو ذرات بدست آمده بترتیب با استفاده از دستگاه پارتیکل سایز آنالایزر[9] و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تعیین شد. محلولهای حاوی این نانوذرات به عنوان یک پوشش خوراکی به عنوان نمونه برروی میوه خیار بکار رفت و خصوصیات نگهداری آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که می‌توان از موسیلاژ پنیرک، کتیرا، تخم شربتی و اتیل سلولز (به عنوان شاهد)، ذراتی در اندازه نانومتر تولید نمود. در حالیکه بذر بارهنگ، اسفرزه و ریحان فاقد فراکسیون پلیمری محلول در استون بودند. بهترین HLB جهت دسترسی به مناسب ترین اندازه ذرات (در حدود ۱۰۰ نانومتر) در سه پلیمر گیاهی یاد شده برابر با ۷ و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه بود. نتایج بخش دوم تحقیق نشان داد که استفاده از این نانو ذرات به عنوان پوشش خوراکی باعث کاهش درصد کپک زدگی و بهبود کیفیت میوه ها در بسته بندی می‌گردد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که موسیلاژ حاصل از گیاهان دارویی یک منبع ارزشمند پلیمری بوده و میتوان با استفاده از فناوری نانو از آنها را به عنوان پوشش خوراکی استفاده نمود.

واژه های کلیدی: موسیلاژهای گیاهی، نانوذرات زیست تجزیه پذیر، پوشش خوراکی، HLB

مقدمه

صمغ‌ها، کلوئیدهای آبدوست، هیدروکلوئیدها، موسیلاژها و پلیمرهای آبدوست همگی به موادی اطلاق می شوند که قدرت تشکیل ژل را دارند. این مواد در ابتدا از تراوشات درختان و بوته‌ها، عصاره‌های گیاهی، پودر دانه‌ها، بذرها، مواد چسبناک حاصل از فرایندهای تخمیری و از بسیاری از فراورده های طبیعی دیگر به دست آمده‌اند و امروزه با توجه به خاصیت این ترکیبات، موادی با خصوصیات مشابه در صنعت ساخته شده است (۴، ۷ و ۱۳).

به‌طور کلی لایه محافظ مورد استفاده بر روی مواد غذایی از طریق کاهش هدرروی رطوبت، کنترل تبادلات گازی و تنظیم سرعت واکنش‌های اکسیداتیو می‌تواند در افزایش عمر نگهداری مواد غذایی تازه موثر باشد (۳ و ۱۷). همچنین این پوشش‌ها می‌تواند حامل مواد ضد قهوه‌ای شدن و ضد میکروبی و همچنین حامل موادی باشد که

۱و۵- دانشیار و دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: azizi@um.ac.ir)
۲،۴و۶- به ترتیب دانشجوی دکتری نانوبیوتکنولوژی، استادیار و دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران
۳- استاد گروه فارماکولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

7- Maceration
8- Hydrophile–Lipophile Balance (HLB)
9- Particle Size Analyzer(Malvern™)

باعث حفظ رنگ و طعم محصولات غذایی گردد (۱۹). بعضی از مزایای پوشش‌های خوراکی شامل اثرات باکتری‌کشی آنها، بالابردن ارزش غذایی محصولات، دلپذیر بودن طعم آنها و حتی کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشند (۱۰).

مارگاریدا فالکو- رودریگز و همکاران (۲۰۰۷) تاثیر کاربرد پوشش‌های خوراکی با پایه پلی ساکاریدی و پروتئینی مانند، آلژینات و پوشش ژلاتینی در غلظت‌های مختلف و خمیر حاوی گلیسرول و کربوکسی متیل سلولز (CMC) را بر روی میوه سیب مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای آلژینات با غلظت ۲ درصد و ژلاتین با غلظت ۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش وزن را کم کرده و باعث بهبود سفتی میوه و افزایش عمر انباری آن گردید. ناوارو و همکاران (۱۴) تاثیر افزایش غلظت موم زنبور عسل و هیدروپروپیل متیل سلولز (HPMC) را به عنوان پوشش خوراکی بر کیفیت میوه آلو بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که افزایش غلظت موم بکار رفته از ۲۰ درصد تا ۴۰ درصد از دست دادن وزن میوه های آلو را کاهش داد ولی این کاهش در غلظتهای بیشتر از ۴۰ درصد ادامه نیافت. دل وال و همکاران (۷) افزایش عمر نگهداری توت فرنگی را توسط موسیلاژ خوراکی کاکتوس (*Opuntuia ficus indica*) ثابت کردند. مارتینز رومرو و همکاران (۱۳) به منظور افزایش کیفیت و ماندگاری گیلاس از ژل گیاه آلوئه ورا[1] به عنوان ماده پوششی خوراکی استفاده کرده و مشاهده مشاهده کردند که ژل آلوئه به میزان زیادی سرعت تنفس میوه‌های پوشش‌دار را نسبت به میوه‌های بدون پوشش کاهش می‌دهد. همچنین تاثیر پوشش‌های خوراکی گیاهی و مصنوعی مانند نشاسته برنج، واکس استافرش۹۶۰[2] و سمپرفرش[3] بر عمر نگهداری سیب (۵) (۵) و آناناس (۱۵) مطالعه شده است. در کلیه تحقیقات اشاره شده این ترکیبات پلیمری بدون تغییر و فقط پس از استخراج و رقیق سازی بر روی محصولات بکار رفته اند. از جمله مشکلات موجود در این روشها ایجاد چسبندگی نامناسب و کاهش کیفیت و خصوصیات ظاهری می‌باشد لذا در این تحقیق تولید نانو ذرات از این پلیمرها و کاربرد آنها به عنوان پوشش خوراکی مورد بررسی قرار گرفت. تاکنون گزارشی از ساخت این ترکیبات به‌صورت ذرات نانو و استفاده از این نوع پوشش خوراکی در جهت افزایش عمر انباری محصولات در ایران ارائه نشده است.

مواد و روش ها

به منظور دستیابی به ذرات نانو از پلیمرهای گیاهی و بررسی تاثیر این نوع پوشش خوراکی بر بعضی خصوصیات محصول میوه خیار، دو آزمایش در آزمایشگاه صنعتی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد.

آزمایش اول: تولید ذرات نانو از پلیمرهای گیاهی و محلول ۱٪ اتیل سلولز به عنوان پلیمر نیمه مصنوعی

استخراج موسیلاژ : به منظور استخراج موسیلاژها ابتدا مواد مورد نظر شامل کتیرا (*Astragalus gummifera*)، پنیرک (*Malva silvestris*)، بذر ریحان (*Ocimum basilicum*)، بارهنگ (*Plantago lanceolata*)، اسفرزه (*Plantago psylium*) و تخم شربتی (*Lallemantia royleana*) تهیه شدند. از هر کدام یک نمونه پس از تایید در هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد با کد های زیر ثبت شدند (جدول ۱). سپس آنها به مدت ۲۴ ساعت در دمای معمولی در آب خیسانده[4] شد. سپس با استفاده از پمپ خلاء استخراج موسیلاژ صورت گرفت. از اتیل سلولز به عنوان پلیمر نیمه صناعی و برای مقایسه استفاده گردید.

جدول ۱- نام علمی و کد هرباریومی نمونه های مورد استفاده در تحقیق

ردیف	نام فارسی	نام علمی	کد هرباریومی
۱	کتیرا	*Astragalus gummifera*	۲۴۸۲۱
۲	پنیرک	*Malva silvestris*	۲۸۸۸۵
۳	بذر ریحان	*Ocimum basilicum*)	۳۸۰۵۲
۴	بارهنگ	*Plantago lanceolata*	۳۰۱۱۶
۵	اسفرزه	*Plantago psylium*	۳۰۸۴۲
۶	تخم شربتی	*Lallemantia royleana*	۴۲۱۸۵

جدا کردن بخش[5] نامحلول در آب از موسیلاژ : پس از حذف آب از موسیلاژ به وسیله دستگاه روتاری اواپوراتور[6] (تبخیر در خلا)، حلال حلال استون به عنوان یک ماده قابل حل در آب به بخش باقی مانده اضافه شد. برای اطمینان از اینکه عصاره محلول در استون وجود دارد یا خیر، اختلاف وزن بالن خالی و همان بالن بعد از انجام عمل حذف حلال محاسبه شد.

تهیه محلول باموازنه هیدروفیل/لیپوفیل[7] متفاوت: محلول حاوی ۰/۵ درصد سورفکتانت[8] از حل کردن مقادیر مختلف توین ۸۰ و

1- *Aloe vera*
2- Sta-fresh960
3- Semperfresh

4- Maceration
5- Fraction
6- Rotary Evaporator
7- Hydrophile/ Lypophile Balance
8- Surfactant

اسپن ۸۰ (به ترتیب دارای HLB ۱۵ و ۴/۳) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه تهیه شد بطوریکه HLB محلولها بین ۵ تا ۱۵ با فاصله عددی ۱ بدست آمد.

تهیه نانوذرات (محلول کلوئیدی): به۴۰ میلی‌لیتراز هر یک از محلولهای دارای HLBهای متفاوت طی مدت ۲۰ دقیقه ۸ میلی‌لیتر از فراکسیون استونی بدست آمده از مرحله قبل به صورت قطره قطره اضافه شد. این عمل در طی همزدن محلول با استفاده از دستگاه همزن (با سه دور ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه) صورت گرفت و به این ترتیب حذف استون توسط به هم زدن مستمر تا ۲۴ ساعت ادامه داشت. سپس به منظور تعیین خصوصیات ذرات نانو، از دستگاه آنالیز کننده اندازه ذرات [1] استفاده شد.

بررسی میکروسکوپی ذرات: به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیکی نانوذرات به دست آمده، با استفاده از روش الکترون میکروسکوپی[2] مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس هلند، دارای دستگاه لایه نشان[3] طلای ساخت شرکت Bal-Tec ساخت کشور سوئیس تصویربرداری شد.

آزمایش دوم: تاثیر کاربرد نانو ذرات بدست آمده بر طول عمر نگهداری مواد غذایی

این آزمایش در قالب یک طرح آماری با ۴ تیمار و ۹ تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل ۳ نوع نانو ذرات حاصل از کتیرا، تخم شربتی و پنیرک و همچنین اتیل سلولز بودند.

میوه‌های خیار تازه و هم اندازه که از بازار محلی خریداری شده بود به طور تصادفی به ۵ گروه تقسیم شدند. محلول کلوئیدی حاوی نانو ذرات به دست آمده از بخش قبل روی میوه‌های هر گروه پاشیده شد. به عنوان شاهد روی میوه‌های یک گروه، آب دیونیزه بکار رفت. همه میوه‌های پوشش داده شده با نانو ذرات بعد از خشک شدن در هوای معمولی، در دمای ۵ درجه در یخچال نگهداری شدند. به طور مستمر درصد کاهش وزن و درصد کپک‌زدگی میوه‌ها ثبت شد. همچنین میوه‌ها با توجه به کیفیت ظاهری‌شان از نمره ۱ (بهترین شکل ظاهری و بدون هر نوع لیز شدگی) تا نمره ۵ (بدترین شکل ظاهری و بیشترین میزان آلودگی) درجه بندی شدند.

داده‌های حاصل با نرم‌افزار Mstat-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و میانگین داده‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج اولیه نشان داد که بذر بارهنگ، اسفرزه و ریحان فاقد بخش[4] محلول در استون می باشند که به همین دلیل از ادامه آزمایش آزمایش حذف شدند. بقیه نمونه‌ها دارای بخش قابل توجهی از فاز محلول در استون بودند. مقایسه نانوذرات حاصل از مواد مورد بررسی در دورهای مختلف ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه نشان داد که بهترین سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. به همین دلیل ادامه آزمایشات با این سرعت ادامه یافت. نتایج بررسی نانوذرات حاصل با استفاده از دستگاه آنالیز کننده اندازه ذرات در شکل ۱ آورده شده است. این شکل متوسط اندازه نانو ذرات به دست آمده از موسیلاژ گیاهان دارویی کتیرا، پنیرک و دانه تخم شربتی و همچنین متوسط اندازه نانو ذرات به دست آمده از اتیل سلولز را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهند که خاصیت HLB محلول در اندازه نانو ذرات بدست آمده کاملا موثر است. با توجه به این نتایج مشخص گردید که در HLBهای مختلف، متوسط اندازه نانو ذرات حاصل از اتیل سلولز بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر متغیر بود. تغییر HLB محلول از ۵ تا ۱۱ تاثیر زیادی در اندازه ذرات نداشت به بیان دیگر در این دامنه HLB، اندازه نانوذرات مستقل از HLB بود در حالیکه در HLB برابر ۱۲ اندازه نانو ذرات افزایش یافت و به ۳۰۰ نانومتر رسید و با افزایش HLB از ۱۲ به ۱۴ مجددا اندازه نانوذرات حاصل به کمتر از ۲۰۰ نانومتر کاهش یافت. در بین مواد مورد بررسی اتیل سلولز یکنواخت ترین نانوذرات را تولید کرد.

متوسط اندازه نانو ذرات به دست آمده از موسیلاژ تخم شربتی در HLBهای مورد بررسی بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ نانومتر متغیر بود. با افزایش HLB از ۸ به ۹ ، متوسط اندازه نانو ذرات حاصل به بیش از ۴۵۰ نانومتر رسید و با افزایش HLB از ۹ به ۱۰ اندازه نانوذرات حاصل مجددا کاهش یافت و در HLB برابر ۱۰ به کمتر از ۲۰۰ نانومتر رسید. با افزایش HLB محلول اندازه نانو ذرات حاصل افزایش تدریجی نشان داد ولی در مجموع تغییرات در اندازه نانوذرات در دامنه بالای HLB شدید نبود.

در HLBهای بین ۵ تا ۱۳، متوسط اندازه نانو ذرات به دست آمده از کتیرا هم بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر متغیر بود، اما در HLB بالاتر از ۱۳ متوسط اندازه این ذرات افزایش شدید نشان داد بطوریکه در HLB برابر ۱۴ این اندازه به ۷۰۰ نانومتر رسید و مجددا با افزایش HLB به ۱۵ ، اندازه نانوذرات کاهش نشان داد ولی این کاهش زیاد نبود بطوریکه متوسط ذرات بدست آمده به ۵۸۰ نانومتر رسید.

در دامنه HLB های مورد بررسی اندازه نانوذرات حاصل از موسیلاژ پنیرک بین ۹۷ تا ۱۵۰ نانومتر متغیر بود و موسیلاژ پنیرک

1- Particle Size Analyzer (Malvern™)
2- Scanning Electron Microscope (SEM)
3 - Coater

4- Fraction

نسبت به بقیه مواد مورد بررسی نانوذرات با اندازه کوچکتری تولید کرد. با افزایش HLB از ۵ تا ۱۵ اندازه این نانوذرات حاصل کاهش تدریجی نشان داد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل میتوان اظهار نمود که بهترین HLB جهت دسترسی به مناسب ترین اندازه ذرات (در حدود ۱۰۰ نانومتر) در هر سه ماده مورد آزمایش HLB برابر با ۷ بود. از میان مواد مورد بررسی موسیلاژ پنیرک در HLB های مختلف نانوذرات یکنواخت تری را تولید نمود. نانوذرات بدست آمده از اتیل سلولز از نظر یکنواختی و عکس العمل با تغییرات HLB در رتبه دوم قرار داشت و تغییرات در خصوصیات نانوذرات حاصل از کتیرا و موسیلاژ تخم شربتی در محلولهای دارای HLB های مختلف از همه بیشتر بود.

در شکل ۲ نتایج حاصل از تصویر برداری از محلولهای کلوئیدی حاصل از تحقیق را نشان می‌دهد. این تصاویر دستیابی به نانوذرات حاصل از مواد مورد بررسی را تایید می‌کند. همانگونه که از این تصاویر مشخص است نانوذرات حاصل از موسیلاژ پنیرک یکنواخت تر بوده و آنها از تراکم بالاتری نیز برخوردار هستند.

ژو و همکاران (۲۲) نشان دادند که خصوصیات سورفکتانت مورد استفاده در تهیه نانوکپسول و همچنین استفاده از سونیکیشن[1] به جای استفاده از مگنت استیرر بر اندازه ذرات بسیار موثر است. محققین دیگر نیز تاثیر قابل توجه HLB محلول را در یکنواختی و اندازه نانوپارتیکل اثبات نموده اند (۴ و ۱۱).

درصد کاهش وزن

کاهش وزن محصولات گیاهی در زمان نگهداری آنها بعد از برداشت، غالباً ناشی از هدر رفتن آب آنها به واسطه تعرق است. از دست دادن بیش از ۵ درصد آب، شکل ظاهری میوه در بسیاری از محصولات باغبانی را تغییر می‌دهد و باعث پژمردگی و کاهش شادابی و کیفیت ظاهری آنها میگردد. پژوهشگران زیادی تاثیر پوشش های خوراکی را بر کاهش هدر رفتن آب میوه ها و سبزی ها گزارش کرده-اند. میزان این کاهش بستگی به ترکیب پوشش خوراکی، خصوصیات فیزیکی آن و توانایی تشکیل غشا[2]های پیوسته و درزگیری ناپیوستگی‌های پوست میوه دارد (۱۸).

شکل ۳ کاهش وزن خیارهای شاهد (اسپری شده با آب) و خیارهای اسپری شده با موسیلاژهای گیاهی کتیرا، تخم شربتی و پنیرک به صورت ذراتی با اندازه کمتر از ۲۰۰ نانومتر و خیارهای اسپری شده با ماده خوراکی و نیمه صنعتی اتیل سلولز به صورت ذرات نانوی در حد ۲۰۰ نانومتر را در زمان نگهداری آنها در دمای ۵ درجه سانتیگراد یخچال نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، خیارهای شاهد بعد از ۱۲ روز که از زمان نگهداری آنها در یخچال گذشت، تا ۸۵ درصد کپک زدگی داشتند، درحالیکه خیارهای اسپری شده با ذرات نانوی به دست آمده هم از موسیلاژهای گیاهی و هم از ماده نیمه صنعتی خوراکی اتیل سلولز کمتر از ۵۰ درصد کپک زدگی را بعد از همان مدت زمان نگهداری در یخچال نشان دادند.

با توجه به جدول ۱، از میان چهار نوع پوشش خوراکی، بیشترین میزان کپک زدگی بعد از ۱۲ روز در خیارهای اسپری شده با اتیل سلولز (۴۷ درصد) و کمترین درصد کپک زدگی در خیارهای اسپری شده با موسیلاژ کتیرا (۱۱ درصد) و تخم شربتی (۱۷ درصد) دیده شد. با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت که تاثیر نانو ذرات به دست آمده از موسیلاژهای گیاهی به صورت معنی‌داری برتر از تاثیر نانو ذرات به دست آمده از ماده نیمه مصنوعی اتیل سلولز بر کاهش درصد کپک دادن خیارها با این ترکیبات به صورت ذرات نانو روی درصد کاهش وزن آنها در مدت زمان ۱۲ روز تاثیر معنی‌داری نداشت و خیارهایی که با آب اسپری شده بودند، درصد کاهش وزن مشابه سایر خیارهای تحت تیمار داشتند. ناوارو و همکاران (۱۵) مشاهده کردند که پوشش خوراکی حاوی موم زنبور عسل و هیدروپروپیل متیل سلولز بر کاهش وزن آلوهایی که به مدت ۲ هفته در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و سپس دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده بودند، تاثیر معنی‌داری نداشت اما با افزایش مدت زمان انباری تاثیر معنی‌داری بر کاهش وزن داشت. بنابر گزارش آنها، برای جلوگیری از تبخیر آب حضور یک ترکیب آبگریز[3] در ساختمان پوشش خوراکی لازم است و ترکیبات آب‌دوست[4] اگرچه سد گازی خوبی هستند، اما روی خروج رطوبت تاثیری ندارند. از آنجا که عمل اسپری محلولهای کلوئیدی حاوی ذرات نانوی موسیلاژهای گیاهی و پلیمر نیمه مصنوعی اتیل سلولز یک غشای کامل روی سطح خیارها ایجاد نکرد، بنابراین عدم تاثیر آن بر جلوگیری از کاهش وزن منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به جدول ۱ که تاثیر انواع پوشش خوراکی را بر درصد کاهش وزن و کپک زدگی و کیفیت ظاهری خیارها نشان می‌دهد، انواع موسیلاژ گیاهی و حتی اتیل سلولز نیمه مصنوعی هم اختلاف معنی‌داری از نظر تاثیر بر کاهش وزن خیارها نداشته اند و درصد کاهش وزن خیارهای تحت تاثیر همه تیمارها بیش از ۵ درصد بود.

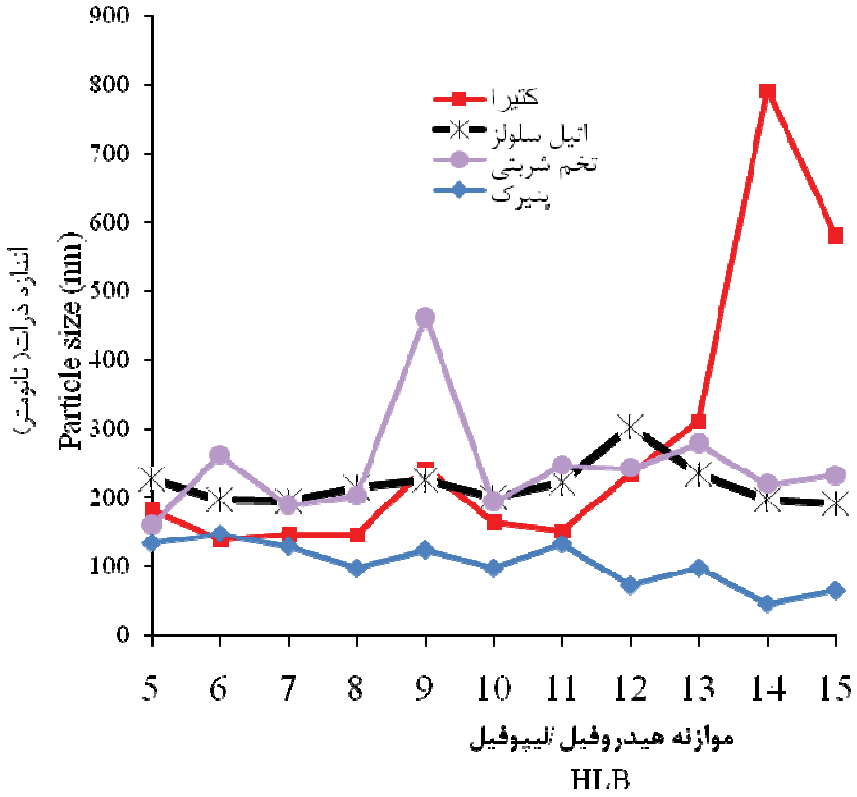
درصد کپک زدگی

شکل ۴ درصد کپک زدگی خیارهای شاهد (اسپری شده با آب) و خیارهای اسپری شده با موسیلاژهای گیاهی کتیرا، تخم شربتی و پنیرک به صورت ذراتی با اندازه کمتر از ۲۰۰ نانومتر و خیارهای اسپری شده با ماده خوراکی و نیمه صنعتی اتیل سلولز به صورت ذرات نانوی در حد ۲۰۰ نانومتر را در زمان نگهداری آنها در دمای ۵ درجه سانتیگراد یخچال نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، خیارهای شاهد بعد از ۱۲ روز که از زمان نگهداری آنها در یخچال گذشت، تا ۸۵ درصد کپک زدگی داشتند، درحالیکه خیارهای اسپری شده با ذرات نانوی به دست آمده هم از موسیلاژهای گیاهی و هم از ماده نیمه صنعتی خوراکی اتیل سلولز کمتر از ۵۰ درصد کپک زدگی را بعد از همان مدت زمان نگهداری در یخچال نشان دادند.

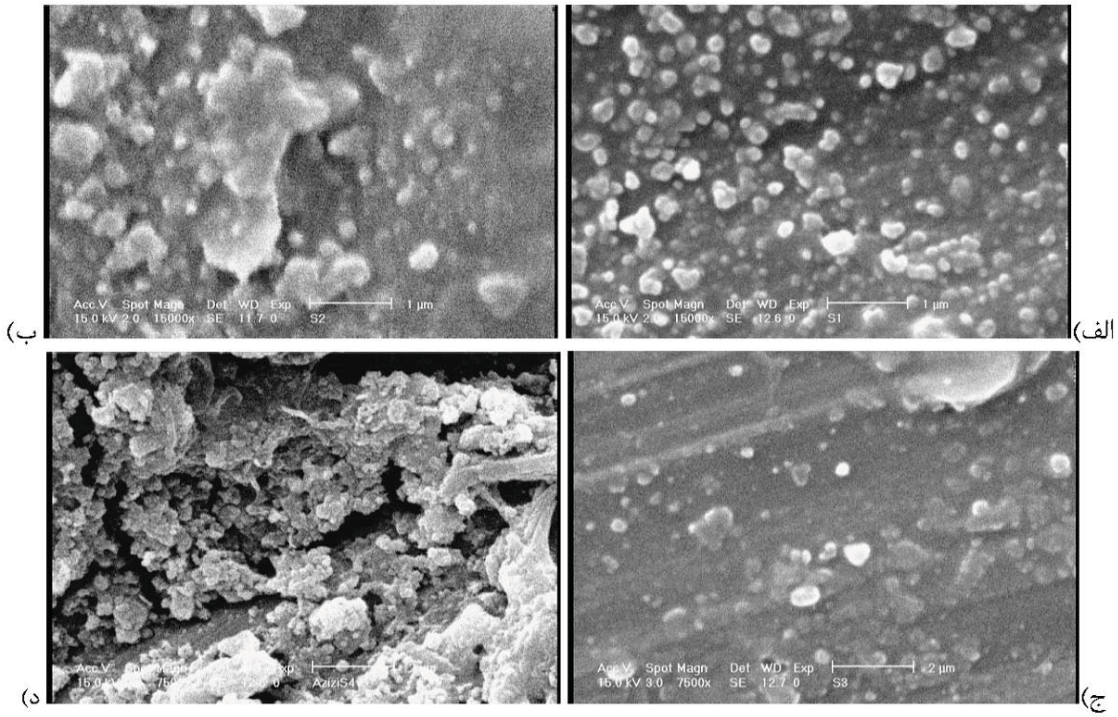
با توجه به جدول ۱، از میان چهار نوع پوشش خوراکی، بیشترین میزان کپک زدگی بعد از ۱۲ روز در خیارهای اسپری شده با اتیل سلولز (۴۷ درصد) و کمترین درصد کپک زدگی در خیارهای اسپری شده با موسیلاژ کتیرا (۱۱ درصد) و تخم شربتی (۱۷ درصد) دیده شد. با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت که تاثیر نانو ذرات به دست آمده از موسیلاژهای گیاهی به صورت معنی‌داری برتر از تاثیر نانو ذرات به دست آمده از ماده نیمه مصنوعی اتیل سلولز بر کاهش درصد کپک

1- Sonication
2- Film
3-Hydrophobic
4- Hydrophilic

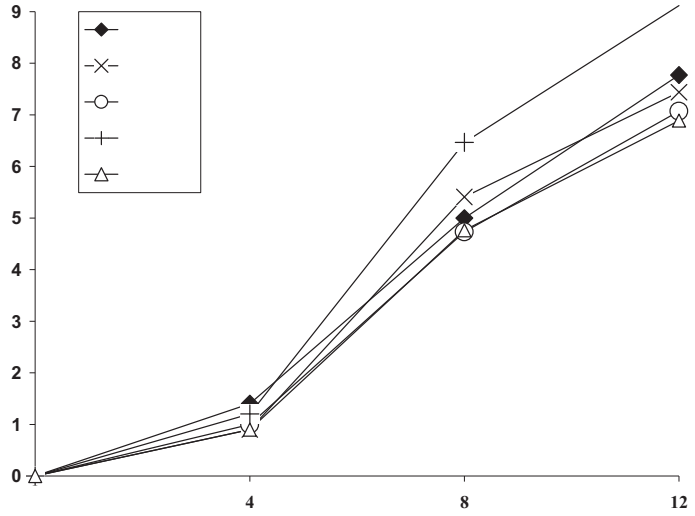
زدگی خیار بود.



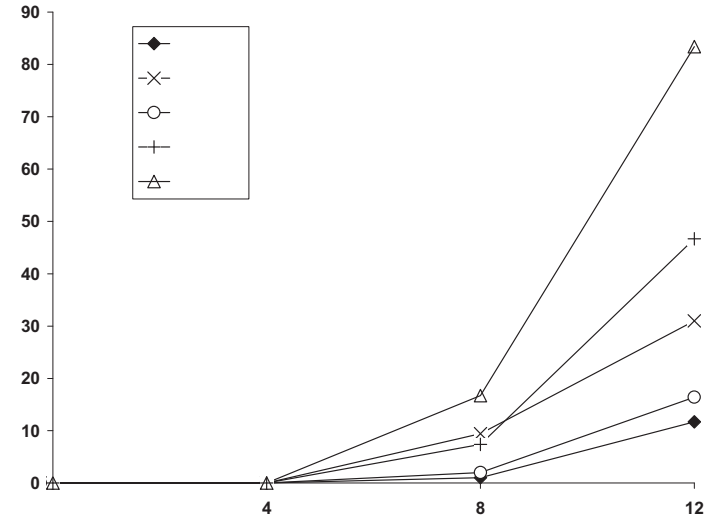
شکل ۱- متوسط اندازه نانو ذرات به دست آمده از موسیلاژ گیاهی حاصل از پنیرک، کتیرا، دانه تخم شربتی و پلیمر نیمه مصنوعی اتیل سلولز



شکل ۲- ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی (SEM) محلولهای کلوئیدی حاوی نانو ذرات حاصل از موسیلاژهای گیاهی الف) پنیرک، ب) تخم شربتی، ج) کتیرا و د) پلیمر نیمه مصنوعی اتیل سلولز



شکل ۳- کاهش وزن خیارهای پوشش داده شده با آب و پلیمرهای طبیعی و نیمه مصنوعی



شکل ٤- درصد کپک زدگی خیارهای پوشش داده شده با آب و پلیمرهای طبیعی و نیمه مصنوعی

جدول ۱-نتایج مقایسه میانگین‌های درصد کاهش وزن، کیفیت ظاهری و درصد کپک‌زدگی محصول میوه‌ای خیار تحت تاثیر پوشش‌های خوراکی مختلف بعد از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد

تیمار	کاهش وزن (درصد)	کیفیت ظاهری (درجه)	کپک‌زدگی (درصد)
کتیرا	۷/۷۷ab	۳/۳a	۱۱/۷c
پنیرک	۷/۴۴ab	۳/۷a	۳۱b
تخم شربتی	۷/۰۷b	۳/۵a	۱۶/۴c
اتیل سلولز	۹/۳۶a	۳/۷a	۴۶/۷a

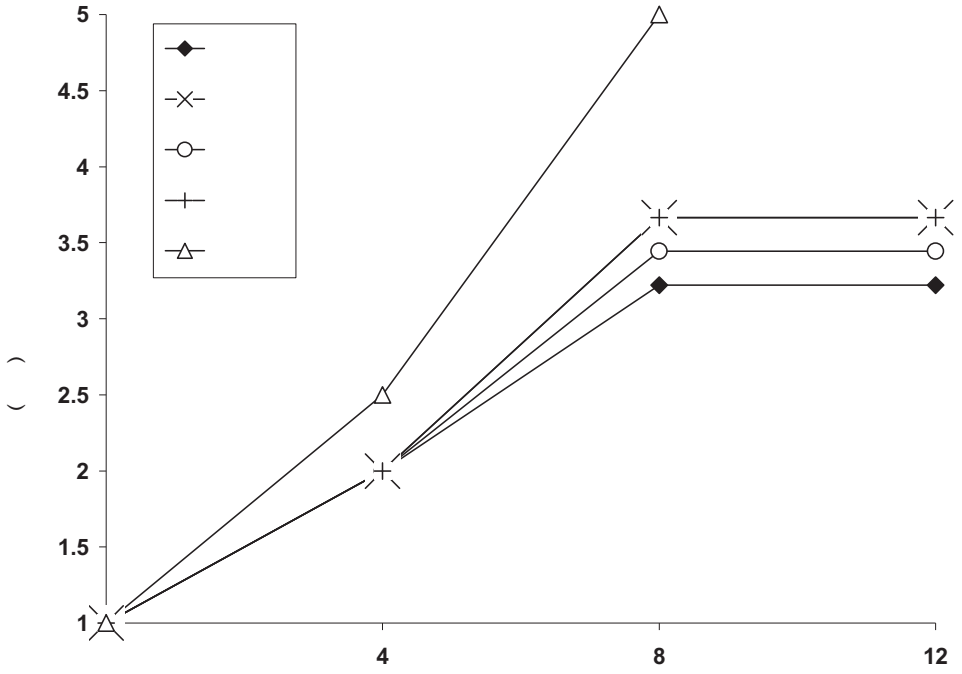
حروف مشابه در هر ستون مربوط به هر یک از عوامل آزمایشی بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

کیفیت ظاهری

با توجه به شکل ۵ همه خیارهای شاهد و خیارهای تحت تیمار در ابتدای قرارگیری در یخچال بهترین درجه کیفیت ظاهری (درجه۱) را گرفتند. در روز چهارم بعد از قرار گیری در یخچال، درجه کیفیت ظاهری خیارهای شاهد به ۲/۵ و خیارهای تحت تیمار پوششهای خوراکی به ۲ کاهش یافت. کیفیت ظاهری خیارهای شاهد در روز ۸ام انبارداری به کمترین حد خود (درجه ۵) رسید. درحالیکه درجه کیفیت ظاهری خیارهایی که با ذرات نانو پوشش داده شده بودند بعد از ۱۲ روز باقی ماندن در یخچال به ۳/۵ افت کرد. از سوی دیگر همانطور که جدول ۱ نشان می‌دهد، کیفیت ظاهری خیارهای اسپری شده با موسیلاژهای گیاهی و اتیل سلولز اختلاف معنی‌داری نداشتند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پوشش دادن خیار با استفاده از ذرات نانوی موسیلاژهای گیاهی و اتیل سلولز از چروکیدگی، نرمی و لیز شدن آن می‌کاهد.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر در خصوص تاثیر HLB بر اندازه ذرات با نتایج تحقیقات ون و همکاران (۲۱) و اورافیدیا و اولادیمجی (۱۶) مطابقت دارد. آنها نیز تاثیر HLB محلول را بر اندازه ذرات سوسپانسیون بررسی نمودند و نشان دادند که HLBمحلول نقش مهمی در اندازه ذرات دارد. بهترین HLB برای اسانسهای اکالیپتوس، به لیمو و نعنا فلفلی را بترتیب ۹/۸، ۱۲/۱ و ۱۲/۳ گزارش شد. در تحقیقی دیگر رودریگوئز روجو و همکاران (۲۰) با تحقیق در مورد تولید سوسپانسیون زیست تجزیه پذیر از اسانس رزماری علاوه بر اثبات تاثیر HLB بر اندازه ذرات سوسپانسیون نشان دادند که تولید سوسپانسیون با اندازه ذرات مناسب در HLB برابر ۱۵ رخ میدهد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که بسته به نوع ماده موثره HLB مناسب برای تولید ذرات با اندازه مناسب متغیر خواهد بود. نتایج تحقیق حاضر با این نتایج نیز مطابقت دارد. در خصوص کاهش وزن ناشی از کاربرد پوشش های خوراکی آیورانسی و تونس (۲) با کاربرد برخی از پوششهای خوراکی بر روی زردآلو و فلفل دلمه‌ایی نشان دادند که این ترکیبات منجر به کاهش از دست دادن آب می‌شوند. این در حالی بود که ناوارو و همکاران (۱۵) مشاهده کردند که پوشش خوراکی حاوی موم زنبور عسل و هیدروپروپیل متیل سلولز بر کاهش وزن آلوهایی که به مدت ۲ هفته در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و سپس دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده بودند، تاثیر معنی‌داری نداشت.



شکل ۵- کیفیت ظاهری خیارهای پوشش داده شده با آب و پلیمرهای طبیعی و نیمه مصنوعی

در تحقیق حاضر به دلیل عدم پوشش کامل بر روی میوه های تیمار شده کاهش وزن میوه های شاهد با نمونه های تیمار شده یکسان بود بدین لحاظ پیشنهاد میشود به منظور پوشش دادن بهتر نمونه ها محلولپاشی نمونه ها چند بار تکرار گردد. احمد و خان (۱)، دالا و هانسون (۸)، و کوهن و همکاران (۶)، عیب اصلی استفاده از پوشش های خوراکی را توسعه مواد بدبو دانسته‌اند که ناشی از عدم تبادل اکسیژن و دی اکسید کربن به علت تنفس غیر هوازی و تولید مقادیر بالای اتانول و استالدهید است. بدین منظور برای اجتناب از این فرایند فیزیولوژیکی، در بررسی اثر یک نوع پوشش روی محصول هم خصوصیات فیزیکو- شیمیایی و هم خصوصیات حسی باید بررسی شوند. به نظر می‌رسد که استفاده از پوششهای خوراکی طبیعی و نیمه مصنوعی به صورت ذرات نانو روی محصولات کشاورزی - نه به صورت یک غشای نازک و پیوسته- نه تنها عمر نگهداری آنها را افزایش می‌دهد، بلکه از این فرایند فیزیولوژیک هم جلوگیری می‌کند.

نتایج اغلب تحقیقات انجام شده بر روی تاثیر انواع مختلف پوششهای خوراکی میوه‌ها، سبزی‌ها و حتی محصولات برش تازه[1] حاکی از کاهش میزان تعرق آنها در نتیجه استفاده از این نوع پوشش‌ها است. اما مطالعه اخیر نشان داد که کاربرد موسیلاژهای خوراکی گیاهی و حتی ماده نیمه مصنوعی اتیل سلولز به صورت ذرات در حدود ۱۰۰ نانومتر اگرچه میزان کپک زدگی و کاهش کیفیت ظاهری خیار را بعد از ۱۲ روز قرار گرفتن در یخچال نسبت به شاهد کاهش داد، اما روی کاهش وزن تاثیر معنی‌داری نداشت. از جمله نتایج دیگر این مطالعه، تولید ذرات نانو از موسیلاژهای گیاهی و پلیمر نیمه مصنوعی اتیل سلولز بود که پیشنهاد می‌شود تاثیر آنها بر عمر انباری سایر محصولات فسادپذیر مطالعه شود و همچنین نانوذرات بدست آمده به دفعات بیشتر بر روی محصولات برش تازه بکار رود و نتایج کاربرد آنها نیز بررسی گردد.

منابع

1- Ahmed A., and Khan I. 1987. Effect of waxing and cellophane lining on chemical quality indices in citrus fruit. Plant Food for Human Nutrition. 37:47-57.
2- Ayranci E., and Tunc S. 2004. The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricot (*Armeniaca vulgaris* Lam) and green peppers (*Capsicum annum* L.). Food Chemistry. 87: 339–342.
3- Baldwin E.A., Nisperos M.O., Chen X., and Hagenmaier R.D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. Postharvest Biology and Technology, 9:151–163.
4- Barari M., Abdollahi M., and Hemmati M. 2010. Synthesis and characterization of high molecular weight polyacrylamide nanoparticles by inverse-emulsion polymerization. Iranian Polymer Journal, 20(1): 65-76.
5- Chauhan S.K., Thakur K.S., and Kaushal B.B.Lal. 2005. Effect of post-harvest coating treatments on the storage behaviour of Starking Delicious apples fruits under evaporative cool chamber. Acta Horticulturae, 696:473-478.
6- Cohen E., Shalom Y., and Rosenberger I. 1990. Postharvest ethanol build up and offflavor in 'Murcot' tangerine fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:775-778.
7- Del-Valle V., Hernandez-Munoz P., Guarda A., and Galotto M.J. 2005. Development of a Cactus mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend Strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. Food Chemistry, 91:751-756.
8- Dhalla R., and Hanson S.W. 1988. Effect of permeable coating on storage life of fruits:II. Pro-long treatment of mangoes. Intl. J. Food Sci. Technol. 23:107-112.
9- Glicksman M. 1982. Food Hydrocolloids. Vol.1. CRC Press, Florida.
10- Ghasemzadeh R., Karbassi A., and Ghoddousi H.B. 2008. Application of Edible Coating for Improvement of Quality and Shelf-life of Raisins. World Applied Sciences Journal, 3 (1): 82-87.
11- Ishii F., and Nii T. 2005. Properties of various phospholipid mixtures as emulsifiers or dispersing agents in nanoparticle drug carrier preparations. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 41(4): 257-262.
12- Margarida Falcao - Rodrigues M., Moldao- Martins M., and luisa Beirao-da-costa M. 2007. DSC as a tool to assess physiological evolution of apples preserved by edibles coatings. Food Chemistry, 102:457-480.
13- Martinez-Romero D., Alburquerque N., Valverde J.M., Guillen F., Castillo S., Valero D., and Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. Postharvest Biology and Technology, 39: 93 – 100.
14- Navarro M.Ll., Pérez-Gago M.B., and Del Río M.A. 2005. Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose-Beeswax Edible Composite Coatings on 'Angeleno' Plum Quality during Storage. Acta Horticulturae 682, 1089-1096.
15- Nimitkeatkai H., Srilaong V., and Kanlayanarat S. 2006. Effect of Edible Coating on Pineapple Fruit Quality during Cold Storage. Acta Horticulturae 712, 643-648.
16- Orafidiya L.O., and Oladimeji F.A. 2002. Determination of the required HLB values of some essential oils.

1- Fresh cut

International Journal of Pharmaceutics, 237:241-249.
17- Park H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. Trends Food Science Technology. 10:254-260.
18- Pérez-Gago M.B., Del Río M.B., and Serra M. 2005. Effect of whey protein-beeswax edible composite coating on color change of fresh-cut persimmons cv. 'Rojo Brillante'. Acta Horticulturae 682: 1917-1924.
19- Pranoto Y., Salokhe V., and Rakshit K.S. 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. Food Research International, 38, 267–272.
20- Rodriguez-Rojo S., Varona S., Nunez M., and Cocero M.J. 2012. Characterization of rosemary essential oil for biodegradable emulsions. Industrial Crop and Products, 37:137-140.
21- Wan L.S.C., Heng P.W.S., and Chan L.W. 1993. Influence of hydrophile-lipophile balance on alginate microspheres. International Journal of Pharmaceutics, 95:77-83.
22- Zhu Y., Zhang G., Yang H., and Hong X. 2005. Influence of surfactants on parameters of polylactic nanocapsules containing insulin. Journal of Surfactant and Detergents, 8(4) 353-362.