تأثیر کاربرد برخی اسانس‌های میکروکپسوله شده روی عمر انبارمانی و کیفیت میوه هلو رقم آلبرتا (*Prunus persica*, cv Elberta)

مجید علی‌خانی کوپائی [۱*] و اعظم خسروی‌نژاد [۲]

۱*- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سروان، ایران، alikhani.majid@gmail.com

۲- کارشناسی‌ارشد، بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران، azam_khosravinejad@yahoo.com

*نویسنده مسئول: مجید علی‌خانی کوپائی

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

Effect of microencapsulated essential oils on the storage life of peach fruit (*Prunus persica, cv Elberta*)

Majid Alikhani-Koupaei[1*] and Azam Khosravinejad[2]

1*- Assistant Professor, Department of Plant Production, Higher Educational Complex of Saravan, Saravan, Iran, alikhani.majid@gmail.com

2- MS.c, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural and Natural Resources Research Center, (AREEO), Qazvin, Iran, azam_khosravinejad@yahoo.com

*Corresponding author: Majid Alikhani-Koupaei

Received: December 2018 Accepted: February 2019

چکیده

هلو یک میوه فرازگرا است ولی نسبتاً رسیده برداشت شده و به این علت متحمل ضایعات فیزیولوژیکی پس از برداشت می‌باشد. کنترل ضایعات میوه و سبزیجات در سال‌های زیادی به سمت استفاده از قارچ کش‌ها می‌باشد و باقیمانده این قارچ کش‌ها در مواد خوراکی موجب فشار مصرف کننده و مراکز سلامت در خصوص کاهش یا عدم مصرف این گونه ترکیبات شیمیایی گردیده است. فعالیت ضدباکتریایی و ضدقارچی اسانس‌های گیاهی به اثبات رسیده و می‌تواند بعنوان ترکیبات طبیعی، جایگزین ترکیبات شیمیایی مانند قارچ‌کش‌ها گردد ولی مشکل استفاده در فراریت و تغییر طعم طبیعی میوه ناشی از استفاده مستقیم از آنها می‌باشد. در این پژوهش، تأثیر اسانس‌های میکروکپسوله گیاهان رزماری و آویشن روی طول مدت نگهداری میوه هلو رقم آلبرتا مورد مطالعه قرارگرفت. اسانس‌های میکروکپسوله با استفاده از بتا-سیکلودکسترین و چیتوزان به عنوان پوسته محافظتی جهت کنترل رهایش میکروکپسول و روش simple coacervation آماده گردید. چهار تیمار کاربردی شامل تیمار دو گرم اسانس میکروکپسوله رزماری، تیمار دو گرم اسانس میکروکپسوله آویشن، تیمار ۱ گرم اسانس میکروکپسوله رزماری بعلاوه ۱ گرم اسانس میکروکپسوله آویشن و تیمار شاهد بودند و در مدت ۳۶ روز هر ۹ روز یکبار خواص فیزکوشیمیایی میوه‌های هر تیمار مورد آزمایش قرارگرفت. همه تیمارها یک تأخیر معنی‌داری در سطح پنج درصد در تغییرات کاهش وزن، اسیدیته کل، مواد جامد محلول، درصد فساد و سفتی میوه نسبت به شاهد نشان دادند و میوه‌های تیمار شده با اسانس‌های میکروکپسوله حداقل فساد میکروبی را در طول مدت نگهداری نشان دادند، بنابراین اسانس‌های میکروکپسوله، پتانسیل کنترل فساد میکروبی و افزایش طول مدت نگهداری و حفظ کیفیت میوه هلو را دارند. بهترین تیمار در این آزمایش میکروکپسول ترکیبی از هر دو اسانس رزماری و آویشن بود، ولی کاربرد صنعتی از این پژوهش نیاز به آزمایشات بیشتر در خصوص نوع اسانس استفاده شده، میزان غلظت کاربردی از میکروکپسول و همچنین تغییر در ترکیب پوسته میکروکپسول به منظور کنترل بیشتر مدت رهایش اسانس‌های کاربردی دارد و می‌تواند پاسخی به نیاز مصرف کننده در خصوص کاهش یا حذف ترکیبات شیمیایی افزودنی به میوه و سبزیجات مختلف باشد.

کلمات کلیدی: آویشن، اسانس، پس از برداشت، رزماری، هلو

Abstract

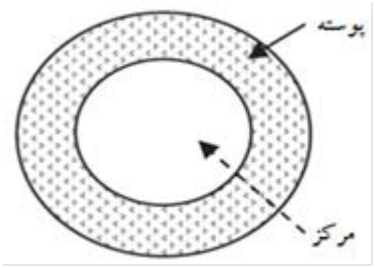
Peach is climacteric fruit but relatively ripe is picked up and because of this, it suffers from post-harvest physiological losses. Over the years, the use of fungicides has been used to control the loss of fruits and vegetables and the rest of these fungicides in food has caused consumer pressure and health centers to reduce or not use these chemical compounds. Antibacterial and antifungal activity of essential oils has been proven and can be used as a natural ingredient to replace chemical compounds such as fungicides but there are problems with the volatility and change in the natural taste of the fruit due to the direct use. In this study, effects of *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* microencapsulated essential oils on storage life of peach fruits was investigated. Microencapsulated essential oils were prepared using β-cyclodextrin and chitosan as a protective shell for controlling microcapsules release and method of coacervation simple. The treatments were: control (no microencapsulation), two g *R. officinalis* oil microencapsulated, two g *T.vulgaris* oil microencapsulated, one g *R.officinalis* oil microencapsul pluse one g *T.vulgaris* oil microencapsul. The effect of treatments after an interval of 9 days for 36 days of storage period on physico-chemical properties of friuts were assayed. The results showed a significant delay in the changes of weight loss, titritable acidity, total soluble solids, decaying percentage and firmness in treated peach fruits than the control. The lowest decay incidences also were found in treated fruits. Hence, it could be concluded that postharvest treatment with microencapsulated essential oils has the potential to control decaying incidence, prolong storage life and maintained internal quality of peach fruits. The best treatment in this experiment was the microencapsules of both rosemary and thyme oils. However, the industrial application of this study requires further experiments on the type of essential oil used, the concentration of microcapsules applied, as well as the change in the composition of the microcapsule shell in order to control the longer the release of essential oils and can respond to consumer needs for reducing or eliminating the chemical additive to fruits and vegetables.

Keywords: Essentialoils, Peach, Postharvest, Rosmarinus, Thymus

مقدمه و کلیات

میوه هلو با نام علمی *Prunus persica* در لاتین به معنی سیب ایرانی است. پوسیدگی بعد از برداشت یکی از مهمترین عوامل در کاهش طول مدت نگهداری میوه هلو می‌باشد و کپکهای خاکستری و آبی از مهمترین عوامل بیماریزای بعد از برداشت هلو می‌باشند (Lurie *et al., 1995;* Teixidó *et al., 2011;* Singh & Sharma, *2018*). میوه هلو اگر چه یک میوه فرازگرا (Climactric) است ولی بطور نسبتاً رسیده برداشت شده و به این علت متحمل ضایعات فیزیولوژیکی بعد از برداشت می‌باشد و انواع تازه آن به سرعت فاسد شده که جهت گیری کنترل ضایعات را به سمت استفاده از قارچ کش ها برده است ولی باقیمانده قارچ کشها در مواد خوراکی موجب فشار مصرف کننده و مراکز سلامت در خصوص کاهش یا عدم مصرف این گونه ترکیبات شیمیایی گردیده است (Margosan *et al., 1997;* Arrebola *et al., 2010*). بسیاری از اسانس‌های گیاهی و اجزاء آنها فعالیت ضدباکتریایی و ضد قارچی داشته و بعنوان ترکیبات طبیعی، جایگزین خوبی بجای ترکیبات شیمیایی قارچ کش ها می‌باشند (Adam *et al., 1998;* Teixeira *et al., 2013*). اسانس‌ها جزء ترکیبات بهداشتی و سالم بوده بنابراین مورد قبول مصرف کننده می‌باشند و از لحاظ زیست محیطی هم هیچگونه ضرری ندارند. این ترکیبات از اجزاء مختلفی تشکیل شده بنابراین فعالیت ضد باکتری و ضد قارچی متفاوتی از خود برحسب اجزاء تشکیل دهنده نشان می‌دهند. خیلی از ترکیبات از جمله اسانس جزء ترکیبات ناپایدار می‌باشند. روش میکروانکپسوله (Microencapsulation) می‌تواند در پایداری این ترکیبات مؤثر باشد (Fernandes *et al., 2014*).

میکروانکپسولشن یک روش از پوشاندن ذرات به اندازه میکرون از جامدات یا مایعات یا گازها در یک پوسته بی‌اثر می‌باشد که این ذرات را از شرایط محیطی و بیرونی محافظت می‌کند. این روش در واقع برای حفاظت و کنترل فرار بودن ترکیبات ناپایدار بکار می‌رود و می‌تواند تحولی بزرگی در صنعت پوشش‌های خوراکی بوجود آورد. محصول حاصل از این روش بنام میکروکپسول شناخته شده که به اندازه‌ای کمتر از یک میکرومتر قطر و در اشکال کروی یا نامنظم می‌باشد. میکروکپسول‌ها دارای دو بخش مرکزی (Core) و پوسته (Shell) می‌باشد که قسمت مرکزی در واقع ترکیب ناپایدار را شامل شده و قسمت پوسته از قسمت مرکزی در مقابل اتمسفر بیرونی محافظت می‌کند. طرح کلی یک میکروکپسول در شکل یک نشان داده شده است (Saravanan & Rao, *2010*).



شکل ۱- شماتیکی از یک میکروکپسول
Fig 1. A schematic of a microcapsule

دلایل استفاده از روش میکروانکپسولشن شامل موارد زیر می‌باشد:

- حفاظت مواد حساس از شرایط ناپایدار محیط
- بهتر شدن فرآیندها از طریق توسعه انحلال و پخشیدگی مواد مختلف
- افزایش مدت نگهداری محصولات بوسیله جلوگیری از فرآیندهای اکسید و احیاء
- کنترل و به تأخیر انداختن زمان رهایش یک ترکیب

- جابجایی راحت و ایمن مواد سمی
- حفاظت و پوشاندن بو و مزه ترکیبات فرار
- از دسترس خارج کردن ترکیبات مختلف از میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های گوناگون
- کنترل جابجایی و فروش داروها
- جابجایی راحت مایعات مانند جامدات (Polk *et al*., 1994; Dai *et al*., 2005).

روش میکروانکپسولیشن شامل یک روش کلی جداسازی و در واقع همان مرحله تشکیل میکروکپسولها می‌باشد که از انحلال یک پلیمر در یک محلول پلیمر همگن استفاده می‌شود و نام Coacervation به معنای توده برای این مرحله انتخاب گردیده است و دارای دو روش ساده (Simple coacervation) و ترکیبی (Complex coacervation) بوده بطوریکه مکانیسم در هر دو روش مشابه است با این تفاوت که در روش ترکیبی از دو پلیمر متضاد برای تشکیل ذره میکروکپسول استفاده می‌شود (De Jong & Kruyt, 1949; De Kruif *et al*., 2004).

بدین منظور برخی اسانس‌های میکروکپسوله شده گیاهی که تشکیل شده از پوشش‌های چیتوزان (Chitosan coating) و بتا- سیکلودکسترین (β-cyclodextrin) بعنوان پوسته بیرونی بعلاوه ترکیب مرکزی که همان اسانس‌های گیاهی است برای حفاظت صنعتی میوه و سبزیجات مختلف در حال مطالعه و تحقیق است. ترکیب چیتوزان که یک پلیمر کربوهیدرات تغییرات شکل یافته و مشتق از چیتین (Chitin) گرفته شده از برخی سخت پوستان، قارچ‌ها و حشرات و جلبک‌ها است خود بعنوان پوشش خوراکی در افزایش طول مدت نگهداری فرآورده‌های کشاورزی کاربردهای زیادی داشته است (Chien *et al*., 2007; Elsabee & Abdou, 2013). با تخریب چیتوزان در اثر تغییرات رطوبتی، اسانس‌های محصور شده با این ترکیب به مرور زمان آزاد شده و می‌توان از اثرات ضدقارچی و ضدباکتریایی و ضدفعالیت های آنزیمی پراکسیداز این ترکیبات فرار در مدت زمان طولانی‌تری برای حفظ خصوصیات کیفی و کمی محصولات کشاورزی بهره برد. هدف از این مقاله هم بررسی تأثیر اسانس‌های گیاهان رزماری و آویشن در حالت میکروکپسول بر روی مدت نگهداری میوه هلو رقم آلبرتا می‌باشد.

فرآیند پژوهش

- **روش اسانس‌گیری:** مواد خشک شده گیاهی به نسبت دو به یک با آب وارد دستگاه کلونجر (Clevenger) شد و بمدت ۲۴ ساعت تقطیر گردید و اسانس حاصل از تقطیر بوسیله سولفات سدیم خشک گردید و در ظرف شیشه‌ای تیره بصورت سر پر در دمای چهار درجه سانتیگراد تا مرحله استفاده وارد گردید.

- **روش تهیه و آماده سازی میکروکپسول‌ها:** میکروکپسول ها بوسیله ترکیب روش Coacervation با روش خشک کردن در خلاء، شرح داده شده توسط Bhandari و همکاران در سال ۱۹۹۸ و Ojagh و همکاران در سال ۲۰۱۰ با انجام یکسری تغییرات آماده گردید. به این صورت که ۵ گرم از بتا- سیکلودکسترین در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر (قرار گرفته روی هیتر) دارای دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حل گردید. سپس اسانس که به نسبت حجمی ۱:۱ در اتانول حل شده بود بعد از رسیدن دمای آب به ۴۰ درجه سانتیگراد به محلول فوق در حین همزدن اضافه گردید بطوریکه نسبت اسانس به بتا- سیکلودکسترین ۰/۴ تا ۲/۴ مولار حاصل شود و ظرف محلول روی دستگاه شیکر به مدت ۳ ساعت

همزده شد. سپس چیتوزان (۱٪)، اسانس (۰/۱۵٪)، اتانول (۲۰٪)، توئین ۸۰ (۰/۲٪) و گلیسرول (۰/۷۵٪) به ظرف محلول اضافه گردید و pH محلول با اضافه کردن هیدروکسیدسدیم (۱ نرمال) در حد ۸ تنظیم گردید. سپس محلول ترکیبی فوق در دمای اتاق به مدت یکساعت بوسیله همزن مغناطیسی کاملاً همزده شد و در نهایت ذرات میکروکپسول سخت شده بعد از جداسازی توسط کاغذ صافی، با آب سرد شسته شد و در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در خلاء خشک و برای تیمارها مورد استفاده قرار گرفت.

- **تیمار میوه:** در این تحقیق میوه هلو رقم آلبرتا بصورت یکنواخت در رسیدگی و اندازه و شکل و رنگ و وزن از بازار محلی تهیه شد. اسانس‌های میکروکپسوله نیز وزن شد و در پلاستیکهای کوچک در ابعاد (۵×۴) سانتی متر ریخته شده و درب آن به کمک حرارت بسته شده و دو سوراخ کوچک توسط سوزن در قسمت بالایی پلاستیک زده شد و این پلاستیک حاوی میکروکپسول ها داخل پلاستیک میوه‌ها قرار گرفت. وزن میوه‌ها در هر تیمار ۱۰۰±۱۰۰۰ گرم بود و تیمارها شامل:

شاهد (بدون میکروکپسول)، تیمار ۲ گرم میکروکپسول اسانس رزماری، تیمار ۲ گرم میکروکپسول اسانس آویشن، تیمار ۱ گرم میکروکپسول اسانس رزماری بعلاوه ۱ گرم میکروکپسول اسانس آویشن بود. کلیه پلاستیک میوه‌ها در سردخانه با میانگین دمایی صفر درجه سانتیگراد قرار گرفت و تأثیر تیمارهای مختلف روی خواص فیزیکوشیمیایی میوه‌ها از شروع انبارداری تا سی و شش روز هر نه روز یکبار مورد بررسی قرار گرفت.

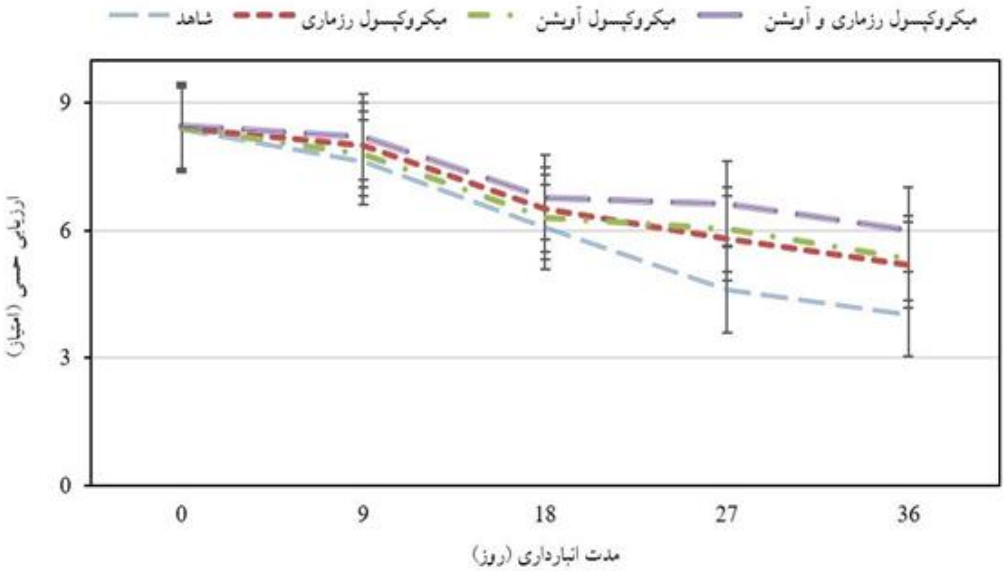
- **ارزیابی‌های فیزکوشیمیایی میوه‌ها:** برای ارزیابی حسی و چشایی آزمونهای حسی توسط ۱۳ نفر آموزش دیده انجام شد. معیارهای ارزشیابی شامل ظاهر، رنگ، درخشندگی، بافت و طعم میوه بودند و در این ارزشیابی ۹ شماره در نظر گرفته شد که هر چه شماره بالاتر رود در واقع نشان از افزایش کیفیت میوه می‌باشد (Larmond, 1977). برای ارزیابی فساد، هر میوه در پنج قسمت در نظر گرفته شد و از تقسیم قسمت‌های فاسد بر کل پنج قسمت ضرب درصد میزان فاسد شدن میوه محاسبه گردید. در خصوص کاهش وزن تیمارها، ضمن بر چسب زدن تیمارهای مختلف، وزن آنها در قبل از انبارداری گرفته شد و در زمانهای مورد نظر در صد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه محاسبه گردید. برای اندازه گیری اسیدیته کل، ۵ گرم پالپ هلو با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد، عمل تیتراسیون با ۲۰ میلی لیتر از آن در معرف فنل فتالئین ۵ درصد و با محلول ۰/۱ نرمال سود سوزآور تا ایجاد رنگ صورتی انجام گرفت و به منظور اندازه گیری pH از pH متر مدل Metrohn-744 بعد از کالیبره کردن استفاده شد. درصد مواد جامد محلول (TSS) به روش رفراکتومتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد محاسبه شد و با قرار دادن یک قطره آب میوه هلو روی منشور رفراکتومتر مدل ATAGO DR-A1، عدد بریکس به صورت درصد از عدسی چشمی مدرج خوانده شد (William 1980). سفتی میوه در یک یا دو نقطه منطقه استوایی میوه هلو به وسیله یک نفوذ سنج مدل FT- 327 دارای پیستون به قطر ۸ میلی متر بر حسب نیوتن محاسبه گردید.

- **آنالیزهای آماری:** این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کالاً تصادفی انجام شد. فاکتور اول میکروکپسول اسانس‌ها با ۴ سطح، فاکتور دوم

زمانهای انبارداری و هر تیمار دارای ۳ تکرار بود. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی دار بودن F با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ صورت گرفت. رسم نمو دارها با برنامه نرافزاری Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

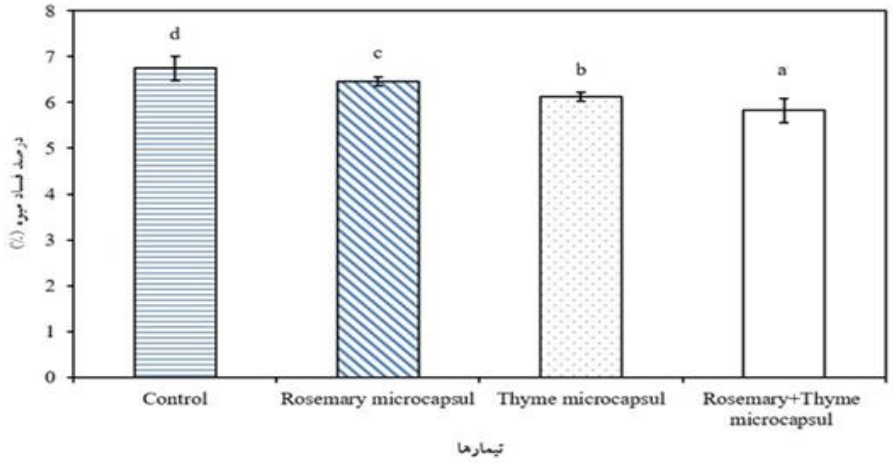
– **ارزیابی‌های حسی و چشایی:** آنالیز آماری نشان داد که ارزیابی حسی و چشایی به تدریج بعد از ۹ روز از انبارداری به ۴/۰۲ کاهش یافت (شکل– ۲). دلیل آن شاید تغییر در میزان اسیدیته کل، pH و نسبت قند به اسیدیته کل میوه باشد. میوه‌های تیمار میکروکپسول اسانس رزماری بعلاوه آویشن بطور معنی داری در سطح پنج درصد بالاترین امتیاز را بعد از ۳۶ روز از انبارداری (۶/۰۱) گرفتند در حالیکه میوه‌های شاهد دارای حداقل نمره (۴/۰۲) در همان روز بودند که دلیل آن چیزی غیر از فساد بالا و تغییر در میزان کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، آمینواسیدها، چربی‌ها و ترکیبات فنولیک میوه که منجر به تغییر در طعم، مزه و ساختار میوه می‌گردد، نمی‌تواند باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسانس میکروکپسوله شده و مدت انبارداری بر امتیاز ارزیابی‌های حسی و چشایی میوه هلو رقم آلبرتا در سطح ۵٪

Fig 2. Mean comparison of the interaction effect of microcapsulated essential oil and storage duration on sensory and taste assessments in peach cv. Elberta at 5% level

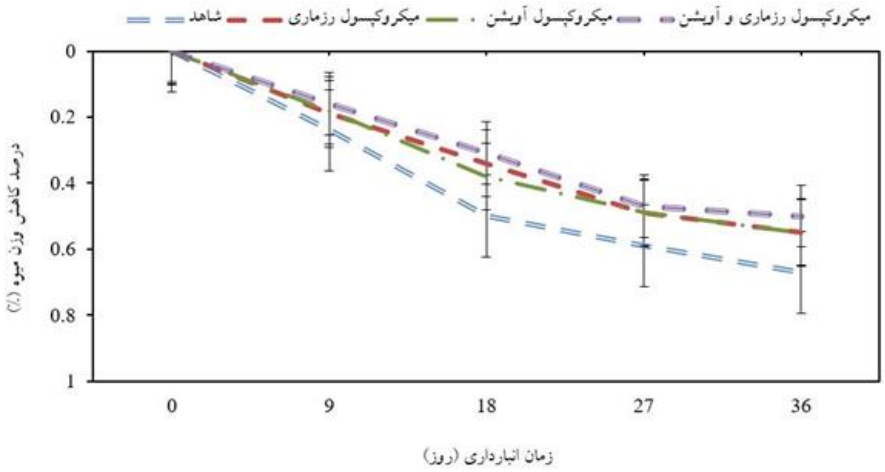
– **فساد میوه:** اسانس‌های میکروکپسوله ظهور فساد سطحی میوه را با تأخیر انداختند و مدت زمان بیشتری خصوصیات حسی و چشایی میوه‌ها را نسبت به تیمار شاهد نگه داشتند (شکل–۳). درصد فساد در تیمارهای حاوی میکروکپسول کمتر از ۶/۴۶ درصد در پایان انبارداری بود در حالیکه این فساد در تیمار شاهد بالای ۶/۷۵ درصد بود. اسانس‌های میخک، پونه کوهی، رزماری، آویشن دارای تأثیرات ضدمیکروبی بوده بطوریکه اثرات ضدمیکروبی آن‌ها بر ضد باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از گرم منفی گزارش شده (Zaika, 1988; Tajkarimi *et al*., 2010). در حالیکه اسانس‌های دارچین و مرکبات بر ضد هر دو نوع باکتری خوب عمل می‌کنند (Kim *et al*., 1995; Davidson *et al*., 2013).



شکل ۳- تأثیر میکروکپسول اسانس رزماری و آویشن روی فساد میوه هلو رقم آلبرتا بعد از ۳۶ روز انبارداری در صفر درجه سانتیگراد

Fig 3. The effect of microencapsulation of Rosemary and Thyme essential oils on peach cv. Elberta after 36 days of storage at 0 ° C

- **درصد کاهش وزن میوه:** بطور معمول درصد کاهش وزن میوه‌ها در طول انبارداری افزایش یافت اما این کاهش وزن بطور معنی دار در سطح پنج درصد در تیمارهای حاوی میکروکپسول کمتر بود بطوری که تیمار شاهد بعد از ۳۶ روز از انبارداری دارای بیشترین درصد کاهش وزن (۰/۶۷ درصد) بودند. دلیل اصلی درصد کاهش وزن میوه از دست دادن رطوبت درونی میوه می‌باشد که در اثر شیب اختلاف پتانسیل رطوبتی با فضای اطراف میوه رخ می‌دهد. این درصد کاهش وزن در پایان انبارداری برای تیمار حاوی میکروکپسول اسانس رزماری بعلاوه آویشن، تیمار حاوی میکروکپسول اسانس آویشن و تیمار حاوی میکروکپسول اسانس رزماری به ترتیب ۰/۵۰، ۰/۵۵ و ۰/۵۵ درصد بدست آمد (شکل- ۴)، که احتمالاً دلیل آن کاهش میزان تنفس توسط این اسانس‌ها باشد. آزمایشات قبلی در خصوص کاربرد اسانس‌های نعناع، آویشن و مرکبات در خصوص کنترل کاهش وزن در انگور و گیلاس و آلبالو نیز با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (Martinez-Romero *et al*., 2005; Serrano *et al*., 2005).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسانس میکروکپسوله شده و مدت انبارداری بر درصد کاهش وزن میوه هلو رقم آلبرتا در سطح ۵٪

Figure 4. Mean comparison of the interaction effect of microcapsulated essential oil and storage duration on weight loss percent in peach cv. Elberta at 5% level

- مواد جامد محلول و اسیدیته کل و pH میوه: تأثیر تیمارهای مختلف روی اسیدیته کل و مواد جامد محلول میوه در جدول یک نشان داده شده است. تیمار شاهد بعد از ۳۶ روز از انبارداری بطور معنی داری در سطح پنج درصد دارای کمترین میزان اسیدیته کل بودند و در واقع بیشترین کاهش در این میزان را شامل شدند در حالیکه تیمار حاوی میکروکپسولهای اسانس رزماری بعلاوه آویشن حداقل کاهش در میزان اسیدیته کل (۰/۳۲ میلی گرم/صد گرم) را در پایان دوره انبارداری نشان دادند. اسانس‌های میکروکپسول شده از طریق کنترل فرآیندهای اکسیداسیونی بـــدلیل دارا بودن ترکیبات فنولیـــک آنتی اکسیدان از کاهش اسیدیته کل میـــوه ممانعت می‌کنند (Hemeda & Klein 1990). داده‌های موجود در جدول یک بالاترین سطح مواد جامد محلول در تیمار شاهد (۱۱/۸۲ درصد) را در پایان دوره انبارداری نشان می‌دهد. در حالیکه تیمارهای حاوی میکروکپسول دارای مواد جامد محلول کمتری در طول دوره انبارداری بودند. این حفظ میزان مواد جامد محلول در تیمارهای حاوی میکروکپسول می‌تواند بدلیل کاهش میزان تنفس و فعالیتهای متابولیکی توسط اسانسها باشد که منجر به کنترل فرآیند رسیدن می‌شوند. در مورد pH میوه با توجه به داده‌های جدول (۱)، با گذشت زمان در طول مدت انبارداری افزایش مشاهده شد که در مورد تیمارهای مختلف در هر مرحله انبارداری اختلاف معنی داری با تیمار شاهد مشاهده شد بطوریکه تیمارهای حاوی میکروکپسول موجب حفظ pH میوه‌ها شدند و تغییرات pH بخصوص در تیمار حاوی هر دو میکروکپسول در کمترین حد خود (۴/۲۰) نسبت به بقیه تیمارها بود. ضمناً قابل ذکر است که اسیدیته قابل عیارگیری و pH بطور مستقیم با یکدیگر ارتباط ندارند بطوری که دومی به غلظت یون هیدروژن آزاد و ظرفیت تثبیت غلظت یون هیدورژن آب میوه بستگی دارد. با وجود این در بیشتر میوه‌ها در ضمن رسیدن، میزان زیادی از اسیدهای آلی مصرف می‌شود در نتیجه کاهش اسیدهای آلی موجب افزایش pH می‌شود.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسانس میکروکپسوله شده و مدت انبارداری بر درصد مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته کل (TA) و درجه اسیدی (pH) در میوه هلو رقم آلبرتا در سطح ۵٪ (تیمار ۱= میکروکپسول اسانس رزماری، تیمار ۲ = میکروکپسول اسانس آویشن، تیمار ۳ = میکروکپسول اسانس رزماری و آویشن)

Table 1. Mean comparison of the interaction effect of microcapsulated essential oil and storage time on total soluble solids (TSS), total acidity (TA) and acidity (pH) in peach cv. Elberta at 5% level (treatment 1 = microcapsule of Rosemary essential oil, treatment 2 = microcapsule of thyme essential oil, treatment 3 = microcapsule of Rosemary and Thyme essential oils)

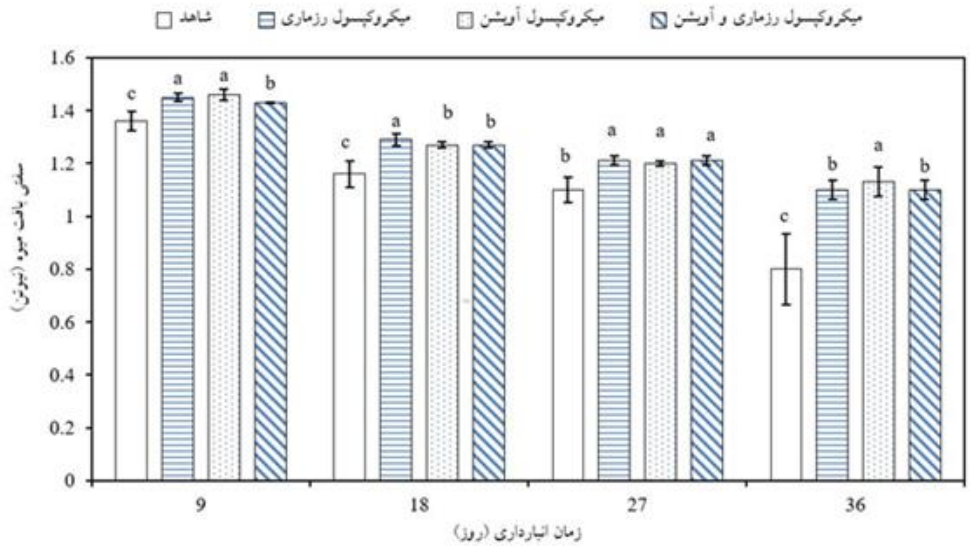
تیمار	مواد جامد محلول (٪)					اسیدیته کل (میلی گرم/صدگرم)					درجه اسیدی				
	۰	۹	۱۸	۲۷	۳۶	۰	۹	۱۸	۲۷	۳۶	۰	۹	۱۸	۲۷	۳۶
شاهد	۱۱/۲	^{d}۱۱/۴۶	^{d}۱۱/۵۹	^{d}۱۱/۶۸	^{d}۱۱/۸۲	۰/۳۲	^{b}۰/۳۱	^{d}۰/۲۹	^{c}۰/۲۸	^{c}۰/۲۸	۴/۱۶	^{c}۴/۱۸	^{c}۴/۲۲	^{c}۴/۲۱	^{d}۴/۲۴
تیمار ۱		^{a}۱۱/۲۵	^{b}۱۱/۴	^{c}۱۱/۶	^{a}۱۱/۶۱		^{a}۰/۳۱۹	^{b}۰/۳۱	^{a}۰/۳۱۷	^{b}۰/۳۱		^{b}۴/۱۷	^{b}۴/۲۰	^{a}۴/۱۹	^{c}۴/۲۲
تیمار ۲		^{b}۱۱/۳۱	^{a}۱۱/۳۱	^{b}۱۱/۵۵	^{c}۱۱/۷		^{b}۰/۳۱	^{c}۰/۳۰۷	^{b}۰/۳۱۵	^{b}۰/۳۱		^{a}۴/۱۶	^{b}۴/۲۰	^{b}۴/۲۰	^{b}۴/۲۱
تیمار ۳		^{c}۱۱/۳۳	^{c}۱۱/۴۷	^{a}۱۱/۵	^{b}۱۱/۵۶		^{a}۰/۳۲	^{a}۰/۳۱۹	^{a}۰/۳۱۸	^{a}۰/۳۲		^{a}۴/۱۶	^{a}۴/۱۹	^{a}۴/۱۹	^{a}۴/۲۰

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار هستند

Numbers have same letters in each column are not significantly different

- سفتی میوه: در نتایج سفتی میوه بالاترین سفتی میوه را تیمار حاوی میکروکپسول اسانس آویشن (۱/۱۳ نیوتن) در پایان دوره انبارداری بدست آورد درحالیکه تیمار شاهد دارای کمترین سفتی میوه بود. البته در تمام تیمارها سفتی میوه در طول دوره انبارداری کاهش یافت بطوریکه حداقل سفتی (۰/۸

نیوتن) بعد از ۳۶ روز انبارداری در مقابل حداکثر سفتی میوه (۱/۴۶ نیوتن) در ۹ روز اول انبارداری بدست آمد (شکل ۵-). با رسیدن میوه شکستن تیغه میانی سلولها توسط آنزیمهای پکتیناز و پلی گالاکتوروناز رخ داده و در نتیجه از سفتی میوه کاسته می‌شود (Costa *et al*., 2010) تحقیقات قبلی از بی تاثیری اسانس نعناع، آویشن و مرکبات روی سفتی میوه‌های انگور، گیلاس، و آلبالو حکایت دارد (Martinez-Romero *et al*., 2000; Serrano *et al*. 2005,) در حالیکه سفتی میوه گلابی رقم رلد وقتی پس از برداشت با غلظت سه تا ۹ درصد برخی اسانس‌های گیاهی تجاری تیمار و برای شش ماه در صفر درجه سانتیگراد ذخیره گردید حفظ شد (Juet *et al*., 2000).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسانس میکروکپسوله شده و مدت انبارداری بر سفتی میوه هلو رقم آلبرتا در سطح ۵٪(ستونهای دارای حروف مشابه در هر دوره از انبارداری فاقد اختلاف معنی دار هستند)

Figure 5. Mean comparison of the interaction effect of microcapsulated essential oil and storage duration on fruit firmness in peach cv. Elberta at 5% level (The columns with the same letters in each period of storage are not significantly different)

نتیجه گیری کلی

اسانس رزماری و آویشن تاثیرات قابل توجهی روی مدت نگهداری میوه هلو نشان دادند. و اختلاف معنی داری که بین داده‌های تیمار شاهد با تیمار اسانسهای میکروکپسول شده بدست آمد این اجازه را به ما می‌دهد تا اسانس‌های گیاهی را بعنوان ترکیبات طبیعی مؤثر در انبارهای میوه و سبزیجات معرفی نماییم. بهر حال فعالیت ضد میکروبی سینئول ایزوله شده از اسانس گیاه ترخون (Tripathi *et al*., 2001) و فعالیت حشره و کنه کشی تیمول (Karpouhtsis *et al*., 1998; Marchese *et al*., 2016) ثابت گردیده است و نوع فعالیت ضد میکروبی هر اسانس در واقع به ترکیبات تشکیل دهنده آن ارتباط دارد. روش میکروکپسول استفاده شده در این تحقیق در واقع بدون تغییر در ماهیت اسانس از فرار بودن آن ممانعت به عمل می‌آورد. اختلاف در شدت فرار بودن اسانس‌ها ناشی از اختلاف در خصوصیات هیدرو فیلیکی (آبدوستی) آن‌ها می‌باشد. بدلیل بالا بودن ترکیبات قطبی در اسانس آویشن بنابراین به راحتی در ترکیبات پوسته میکروکپسول حل شده و بالطبع آهسته‌تر آزاد می‌شود ولی این موضوع در اسانس رزماری برعکس می‌باشد

و به نظر می‌رسد اختلاف معنی دار بین داده‌های این پژوهش نیز در مورد این دو اسانس ناشی از این حقیقت باشد. این تحقیق روش میکروکپسول کردن اسانس‌های گیاهی را که در حقیقت کنترل فرار بودن این ترکیبات را در دست می‌گیرد و از تأثیر شرایط محیطی بر روی اجزاء این ترکیبات می‌کاهد مناسب در افزایش طول مدت نگهداری میوه هلو می‌داند و تحقیقات بعدی را معطوف روی غلظت کاربردی از این میکروکپسولها و آزمایش ترکیبات طبیعی دیگر بعنوان پوسته بیرونی میکروکپسولها در فرموله کردن اسانس‌ها می‌داند.

منابع

1) Adam K., Sivropoulou A., Kokkini S., Lanaras T. & Arsenakis M. (1998). Antifungal activities of Origanum vulgare subsp. hirtum, Mentha spicata, Lavandula angustifolia, and Salvia fruticosa essential oils against human pathogenic fungi. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 1739-1745.
2) Arrebola E., Sivakumar D., Bacigalupo R. & Korsten L. (2010). Combined application of antagonist Bacillus amyloliquefaciens and essential oils for the control of peach postharvest diseases. Crop Protection, 29, 369-377.
3) Bhandari B.R., D'Arc B.R. & Thi Bich L.L. (1998). Lemon oil to β-cyclodextrin ratio effect on the inclusion efficiency of β-cyclodextrin and the retention of oil volatiles in the complex. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 1494-1499.
4) Chien P. J., Sheu F. & Yang F.-H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering, 78, 225-229.
5) Costa F., Peace C.P., Stella S., Serra S., Musacchi S., Bazzani M., Sansavini S. & Van de Weg W.E. (2010). QTL dynamics for fruit firmness and softening around an ethylene-dependent polygalacturonase gene in apple (Malus× domestica Borkh.). Journal of Experimental botany, 61, 3029-3039.
6) Dai C., Wang B. & Zhao H. (2005). Microencapsulation peptide and protein drugs delivery system. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 41, 117-120.
7) Davidson P.M., Taylor T.M. & Schmidt S.E. (2013). Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: Food microbiology. American Society of Microbiology, pp. 765-801.
8) De Jong H.B. & Kruyt H. (1949). Colloid science. R. Kruyt (ed.), Elsevier, Amsterdam.
9) De Kruif C.G., Weinbreck F. & de Vries R. (2004). Complex coacervation of proteins and anionic polysaccharides. Current opinion in colloid & interface science, 9, 340-349.
10) Elsabee M.Z. & Abdou E.S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. Materials Science and Engineering: C, 33, 1819-1841.
11) Fernandes R.V.d.B., Borges S.V., Botrel D.A. & Oliveira C.R.d. (2014). Physical and chemical properties of encapsulated rosemary essential oil by spray drying using whey protein–inulin blends as carriers. International journal of food science & technology, 49, 1522-1529.
12) Hemeda H.M. & Klein B. (1990). Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. Journal of Food Science, 55, 184-185.
13) Ju Z., Duan Y. & Ju Z. (2000). Plant oil emulsion modifies internal atmosphere, delays fruit ripening, and inhibits internal browning in Chinese pears. Postharvest Biology and Technology, 20, 243-250.
14) Karpouhtsis I., Pardali E., Feggou E., Kokkini S., Scouras Z.G. & Mavragani-Tsipidou P. (1998). Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 1111-1115.
15) Kim J., Marshall M.R. & Wei C.-i. (1995). Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43, 2839-2845.
16) Larmond E. (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of food. Research Branch, Canada Dept. of Agriculture.
17) Lurie S., Droby S., Chalupowicz L. & Chalutz E. (1995). Efficacy ofCandida oleophila strain 182 in preventingPenicillium expansum infection of nectarine fruits. Phytoparasitica, 23, 231-234.
18) Marchese A., Orhan I.E., Daglia M., Barbieri R., Di Lorenzo A., Nabavi S.F., Gortzi O., Izadi M. & Nabavi S.M. (2016). Antibacterial and antifungal activities of thymol: a brief review of the literature. Food Chemistry, 210, 402-414.
19) Margosan D.A., Smilanick J.L., Simmons G.F. & Henson D.J. (1997). Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. Plant Disease, 81, 1405-1409.
20) Martinez-Romero D., Castillo S., Valverde J., Guillen F., Valero D. & Serrano M. (2005). Use of natural aromatic essential oils helps to

maintain post-harvest quality of'Crimson'table grapes. Acta Horticulturae.
21) Ojagh S.M., Rezaei M., Razavi S.H. & Hosseini S.M.H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry, 120, 193-198.
22) Polk A., Amsden B., De Yao K., Peng T. & Goosen M. (1994). Controlled release of albumin from chitosan—alginate microcapsules. Journal of Pharmaceutical Sciences, 83, 178-185.
23) Saravanan M. & Rao K.P. (2010). Pectin–gelatin and alginate–gelatin complex coacervation for controlled drug delivery: Influence of anionic polysaccharides and drugs being encapsulated on physicochemical properties of microcapsules. Carbohydrate Polymers, 80, 808-816.
24) Serrano M., Martinez-Romero D., Castillo S., Guillén F. & Valero D. (2005). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. Innovative food science & emerging technologies, 6, 115-123.
25) Singh D. & Sharma R. (2018). Postharvest diseases of fruits and vegetables and their management. In: Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. Elsevier, pp. 1-52.
26) Tajkarimi M., Ibrahim S.A. & Cliver D. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food control, 21, 1199-1218.
27) Teixeira B., Marques A., Ramos C., Serrano C., Matos O., Neng N.R., Nogueira J.M., Saraiva J.A. & Nunes M.L. (2013). Chemical composition and bioactivity of different oregano (Origanum vulgare) extracts and essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93, 2707-2714.
28) Teixidó N., Torres R., Viñas I., Abadias M. & Usall J. (2011). Biological control of postharvest diseases in fruit and vegetables. In: Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation. Elsevier, pp. 364-402.
29) Tripathi A.K., Prajapati V., Aggarwal K.K. & Kumar S. (2001). Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1, 8-cineole from Artemisia annua on progeny production of Tribolium castanaeum (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, 94, 979-983.
30) William H. (1980). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Virginia, U.S.A.
31) Zaika L.L. (1988). Spices and herbs: Their antimicrobial activity and its determination. Journal of Food Safety, 9, 97-118.