مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر نانو کپسول اسانس رزماری در حفظ کیفیت و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه زردآلو رقم تبرزه (*Prunus armeniaca* cv.Tabarzeh) طی انبارمانی

حنیفه سید حاجی زاده[1*]، سید مرتضی زاهدی[1]، سارا رضایی[2]

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

۲- دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹ /۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵

کلمات کلیدی:

نانو کپسول رزماری،

زردآلو،

آنتی اکسیدانت،

انبارمانی.

DOI: 10.52547/fsct.18.117.183

* مسئول مکاتبات:

hajizade@maragheh.ac.ir

چکیده

زردآلو پس از هلو و آلو سومین محصول از میوه‌های هسته‌دار محسوب می شود که به دلیل آنتی اکسیدان بالا مورد توجه مصرف کنندگان است. میوه زردآلو فرازگرا و فسادپذیر بوده و قابلیت انبارمانی کمی دارد. اسانس‌ها در حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها از پتانسیل بالایی به عنوان جایگزین نگهدارنده‌های مصنوعی خطرناک برای سلامتی برخوردار هستند. پیشرفت‌های اخیر در فناوری نانو و بویژه نانو کپسوله کردن اسانس‌ها، مشکلات استفاده از آنها را مرتفع کرده است. بر این اساس پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی روی زردآلوی رقم تبرزه در سه تکرار انجام گرفت تا تاثیر نانو کپسول رزماری در خصوصیات فیزیکو-شیمیایی میوه طی انبارداری بررسی شود. نتایج نشان داد وزن تر و خشک و نیز درصد ماده خشک میوه طی انبارداری کاهش یافت که این کاهش در میوه های شاهد بیشتر از میوه های تیمارشده بود. مقدار کاروتنویید و آنتوسیانین تقریبا از روز بیستام انبارداری، افزایش سریعی در میوه‌های شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده پیدا کرد. بیشترین مقدار فنل میوه‌ها در روز برداشت بود و تا انتهای انبارداری روند نزولی داشت. میوه های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول رزماری، در انتهای انبارمانی، فنل بیشتری نسبت به شاهد و سایر تیمارها داشتند. همچنین این میوه‌ها از بیشترین مقدار ویتامین ث و کربوهیدرات کل در انتهای انبارداری، علی رغم روند کاهشی آنها، برخوردار بودند. همه میوه‌های تیمار شده با نانو کپسول رزماری دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد در انتهای انبارداری بودند. طی نگهداری زردآلو در انبار، میزان پراکسیدهیدروژن و فعالیت آنزیم های گایاکول پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز افزایش یافت. در انتهای انبارداری میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول رزماری دارای کمترین میزان پراکسید هیدروژن و بیشترین فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز بودند درحالیکه این روند در میوه‌های شاهد برعکس بود.

۱- مقدمه

استفاده از اسانس‌ها به عنوان افزودنی‌های مجاز در غذا، دارو و صنایع آرایشی و بهداشتی از دیرباز مورد توجه بوده است [۱]. اسانس‌ها دارای خواص آنتی میکروبیال قوی بوده و پتاسیل زیادی در کاهش بار میکروبی محصولات تازه و فرآوری شده[1] دارند. با این وجود به خاطر حلالیت کم آن‌ها در آب، فرار بودن و تاثیر نامطلوبی که بر عطر میوه‌ها و سبزیجات دارند، استفاده از آن‌ها دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. برای غلبه بر چنین مشکلاتی، کپسوله کردن اسانس در داخل یک دیواره مناسب، ماندگاری آن را بیشتر کرده و رهاسازی اسانس را کنترل کرده [۲]و با حفظ مواد مؤثره، فعالیت بیولوژیکی آن طولانی‌تر می‌شود [۳]. کاربردهای نانو مواد به عنوان عامل حامل اسانس‌های گیاهی اخیراً مورد توجه صنایع غذایی برای بهبود ماندگاری و حفظ مواد نگهدارنده در دوزهای پایین قرار گرفته‌است. نانو امولسیون‌ها، میکروامولسیون‌ها، نانو ذرات لیپید جامد و لیپوزوم‌ها برخی از استراتژی‌های محصورسازی در حال حاضر برای محاصره کردن ترکیبات فعال زیستی گیاه هستند [٤]. از طرفی نانو ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی نیز می‌باشند [٥]. از دیگر قابلیت‌های مهم نانو ذرات، تجزیه اتیلن می‌باشد [٦]. میوه‌ها به دلیل داشتن مقدار زیادی مواد قندی و سایر مواد مغذی و نیز رطوبت بالا محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها بوده و از طرفی نیز پایین بودن pH در آنها باعث حساسیت ویژه آنها به پوسیدگی‌های قارچی می‌شود [۷].

زردآلو نیز جز میوه‌های فرازگرا و فسادپذیر می‌باشد که معمولاً عمر آنها کوتاه می‌باشد. عمر انباری این میوه توسط چندین عامل بیماری‌زا مانند *Monilinia fructicola* و *Botrytis cinerea* محدود می‌شود [۸]. عمر قفسه‌ای آن بین ٤ تا ٥ روز و عملیات جابجایی آن پس از برداشت بطور عمده به دلیل مشکل اتیلن بسیار دشوار است و مستعد کاهش وزن، لهیدگی[2] و پوسیدگی متعاقب آن می‌باشد که منجر به نرم شدن میوه می‌شود[۹]. برای افزایش دروه انبارداری چنین محصولات فسادپذیر، باید روش و ترکیبات مناسبی انتخاب شود که اثر نامطلوبی روی کیفیت میوه نداشته و برای مصرف کننده هم مفید باشد. استفاده از ترکیبات شیمیایی برای افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها کمتر به وسیله مصرف کننده پذیرفته می‌شود، زیرا این ترکیبات ممکن است آلاینده محیط‌زیست باشند و یا برای سلامتی انسان مضر باشند. بسیاری از اسانس‌های گیاهی و اجزاء آن‌ها فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی داشته و بعنوان ترکیبات طبیعی، جایگزین خوبی به جای ترکیبات شیمیایی می‌باشند [۱۰]. اسانس‌ها جزء ترکیبات ناپایدار می‌باشند و نانوکپسوله کردن می‌تواند در پایداری این ترکیبات موثر باشد [۱۱]. اسانس گیاه رزماری که در پژوهش حاضر به فرم نانو کپسول مورد استفاده قرار گرفته متعلق به گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) از تیره Lamiaceae یکی از گیاهان حاوی اسانس است که در بسیاری از مناطق جهان به عنوان گیاه دارویی و زینتی پرورش داده می‌شود. نانو امولسیون دارچین با غلظت ۲ در هزار و ۱ در هزار به ترتیب با ۳/۳۳ و ۵/۸۳ درصد پوسیدگی خاکستری میوه، بیشترین تاثیر را در کاهش پوسیدگی داشت. نتایج نشان داد که نانوامولسیون اسانس نسبت به امولسیون اسانس، تاثیر بیشتری در کاهش پوسیدگی‌های قارچی میوه توت‌فرنگی دارد [۱۲]. در آزمایشی که خاصیت ضد قارچی تعدادی نانو اسانس گیاهی بر کنترل پوسیدگی نرم توت‌فرنگی انجام گرفت مشخص گردید که در غلظت ٤ در هزار نانو اسانس مرزه خوزستانی پوسیدگی میوه به طور کلی متوقف گردید [۱۳]. آزمایشات زیادی در مورد تاثیر نانو کپسول اسانس‌های مختلف در کنترل بیماری‌های قارچی در میوه‌های مختلف نظیر توت‌فرنگی [۱۵و ١٤]، سیب [١٦]، گلابی و پرتقال [۱۷] انجام شده و ثابت شده که نانوکپسول اسانس‌ها دارای خواص ضد میکروبی قوی‌تری بوده و کمترین تاثیر را در خواص ارگانولپتیک میوه ایجاد می‌کنند. در پژوهشی که بر روی قارچ خوراکی دکمه‌ای انجام شد مشخص گردید که استفاده از نانو امولسیون آویشن شیرازی در سه غلظت ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوشش داده و در دمای ۸ درجه سلسیوس به مدت دو هفته نگهداری شدند. طی این مدت افت وزن، مواد جامد محلول، استحکام بافت و رنگ بررسی شدند. نتایج بدست آمده نشان داد افت وزن در تیمارهای دارای پوشش نانو امولسیون اسانس آویشن شیرازی نسبت به شاهد تفاوت معنی-داری دارند، به‌طوری که با افزایش غلظت نانو امولسیون اسانس آویشن شیرازی وزن کلاهک‌ها افت کمتری داشتند. از

1. Fresh cut
2. Bruising

طرفی میزان از دست دادن رطوبت در کلاهک‌ها از روند افت وزن تبعیت می‌کند. هم چنین با افزایش غلظت نانو امولسیون اسانس آویشن شیرازی استحکام بافت نسبت به شاهد افزایش یافت و بهترین غلظت ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد [۱۸]. با این وجود در مورد تاثیر نانو کپسول اسانس‌ها بر خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی میوه‌ها گزارشات زیادی ارایه نشده است. لذا با توجه به تاثیر مثبت نانوکپسول نسبت به استفاده از اسانس‌ها به تنهایی، هدف از پژوهش حاضر بررسی کیفیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی میوه زردآلو رقم تبرزه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کپسول رزماری است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد گیاهی و نحوه اعمال تیمار

: این تحقیق در سردخانه‌دانشگاه مراغه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل تیمار نانوکپسول رزماری به صورت غوطه‌وری در چهار سطح (شاهد، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به مدت ۳۰ ثانیه و فاکتور دوم شامل زمان انبارمانی در سه سطح (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) بود. برای این منظور زردآلوها با توجه به تقویم فصلی از یک باغ شخصی در مرند به طور دستی چیده شده و پس از درجه‌بندی و جدا کردن میوه‌های کاملا سالم و عاری از آفت، برای انجام تیمار میوه‌ها به داخل محلول اسانس غوطه ور گردیده و سپس در جریان هوا خشک شده و بسته-بندی شدند. فرمولاسیون نانوکپسول‌های اسانس گیاه رزماری به روش پلیمریزاسیون همزمان (polymerization situ In technique) به روش امولسیونی روغن در آب در گروه شیمی دانشگاه مراغه تهیه شد. اسانس گیاه رزماری به عنوان هسته نانوکپسول، اوره و فرمالدیید ۳۷ ٪ به عنوان پیش پلیمرهای (U- F) دیواره نانوکپسول انتخاب شدند. در دمای ۲۵-۲۰ درجه سیلسیوس، اوره و فرمالدیید ۳۷٪ به نسبت وزنی مشخص به همراه ۳۰۰ میلی‌لیتر آب یونیزه شده به منظور تهیه پیش پلیمر به راکتور مجهز به همزن مکانیکی منتقل گردید، بعد از حل شدن اوره pH محیط به ۹-۸ و دما به ۶۰ تا ۶۵ درجه سیلسیوس به مدت زمان حدود ۴۵ دقیقه افزایش یافت. بعد از اینکه پیش‌پلیمر اوره فرمالدیید (U- F) آماده شد دور همزن را بالا برده و امولسی‌فایر ۲ ٪ بتدریج اضافه گردید و بعد اسانس را به صورت قطره قطره اضافه نموده و بعد از گذشت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه pH محلول را با اسید سولفوریک ۱۰٪ به ۳ رسانده تا دیواره پلی‌اوره فرمالدیید ذرات اسانس را در بر گیرد. بعد از گذشت ٤ ساعت که واکنش انجام شد و شکل نانوکپسول‌های تشکیل شده در بهترین حالت خود حفظ شد. پس از سرد شدن، سوسپانسیون حاوی نانوکپسول فیلتر و در نهایت نانوکپسول به روش انجمادی خشک شد و برای تیمارهای مورد نظر بکار گرفته شد. میوه‌ها پس از تیمار در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ۹۵ درصد رطوبت نسبی به مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. سپس هر ۱۰ روز یکبار بسته‌ها از سردخانه خارج شده و پس از رسیدن به دمای متعادل اتاق جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- صفات مورد اندازه گیری

برای اندازه‌گیری تغییرات کاهش وزن، میوه‌های هر واحد آزمایشی به‌طور جداگانه به وسیله ترازوی دیجیتالی (Sartorius, Basic Germany) با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش توزین گردیده و هر ۱۰ روز یک‌بار تغییرات وزن در واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شده و تغییرات مزبور به‌صورت درصد کاهش وزن بیان گردید.

۲-۲-۲- درصد ماده خشک میوه

این شاخص نشان‌دهنده مجموع ترکیبات آلی و معدنی محتوای میوه می‌باشد و توسط آون با دمای ۷۰ الی ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت با استفاده از روش Garcia و همکاران (۲۰۱۰) محاسبه شد [۱۹].

۲-۲-۳- سنجش مقدار کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b

۰/۵ گرم از گوشت میوه به همراه ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ ٪ درون هاون چینی ساییده شد و نهایتاً عصاره همگنی به دست آمد. نمونه‌های حاصله در g ×۱۲۰۰۰به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. میزان جذب محلول رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1800, Shimadzu, Japan) در طول موج‌های ٤٧٠،٦٤٦ و ٦٦٣ نانومتر قرائت شد و بر اساس رابطه‌های زیر اندازه گیری شد

[۲۰].

Chlorophyll a = (19/3 × A663 - 0/86 × A645) V/ 100W

Chlorophyll b = (19/3 × A645 – 3/6 ×A663) V/ 100W

Carotenoides =100 (A470) – 3/27 (mg chl a) – 104 (mg chl b) 2/27

۲-۲-٤- تعیین میزان آنتوسیانین کل

میزان آنتوسیانین کل با استفاده از متانول اسیدی استخراج گردید. بدین صورت که یک گرم میوه فریز شده در ازت مایع پودر گردیده و در ۲ میلی لیتر متانول اسیدی هضم گردید. عصاره حاصل در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. فاز مایع جدا گردیده و ۱۰۰ میکرولیتر از این عصاره در کمپلکس واکنشی حاوی ۱۹۰۰ میکرولیتر متانول اسیدی مخلوط گشته و در طول موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکترومتر میزان جذب آن‌ها قرائت گردید. محتوای آنتوسیانین کل بر اساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد [۲۱].

۲-۲-۵- تعیین میزان فنل کل

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتو اندازه-گیری شد. یک گرم میوه همراه ۲ میلی‌لیتر متانول اسیدی مخلوط شده و پس از سانتریفیوژ روشناور برداشت گردید. ۵۰ میکرولیتر از این عصاره با ٤۵۰ میکرولیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر واکنش‌گر فولین سیوکالتو ۱۰ درصد به آن اضافه گردید و پس از ۱۰ دقیقه به این مخلوط ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷/۵ درصد اضافه گردید. مخلوط واکنش یک و نیم ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد و نهایتاً میزان جذب نمونه در ۷٦۰ نانومتر قرائت گردید [۲۲].

تعیین میزان ویتامین ث. غلظت آسکوربیک اسید در گوشت میوه زردآلو بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲،٦- دی کرو فنل ایندوفنل (DCIP) توسط اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم گوشت با ۳ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۱٪ مخلوط و پس از سانتریفیوژ در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه، روشناور جداسازی شده و میزان جذب مخلوط واکنش حاوی ٦۰۰ میکرولیتر DCIP و ۱۵۰ میکرولیتر عصاره در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید [۲۳].

۲-۲-٦- تعیین میزان کربوهیدرات کل

۰/۲گرم از میوه همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد درون لوله‌های آزمایش دربسته به مدت ۱ ساعت در حمام آب ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن آنها ۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ها به همراه ۱ میلی‌لیتر فنل ۰/۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد ترکیب شد. در نهایت میزان جذب نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤۸۳ نانومتر قرائت شد [۲٤].

۲-۲-۷- تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی

برای تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها از خاصیت اکسید-کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ – دی-فنیل ۱- پیکریل-هیدرازیل) استفاده شد. به این منظور مقادیر مختلف عصاره میوه با DPPH نرمال مخلوط و پس از گذشت ۳۰ دقیقه میزان جذب استاندارد و نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS خوانده شد. سپس ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH و با رابطه

%DPPHsc= (Acont - Asamp)/Acont ×100

محاسبه شد [۲۵].

۲-۲-۸- سنجش پراکسید هیدروژن (H_2O_2)

برای اندازه‌گیری مقدار پراکسید هیدروژن، ۰/۲ گرم از هر نمونه را در دو تکرار برداشته و با ازت مایع هضم شد، سپس حجم عصاره را با ۰/۱ درصد تری کلرو استیک اسید به حجم ۱/۸ میلی‌لیتر رسانده و در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانترفیوژ شدند و بعد از آن سوپرناتانت‌های حاصل را در میکروتیوپ جمع و تا زمان قرائت در دمای (۲٤-) نگهداری شدند. در ادامه ۵۰۰ میکرو لیتر از بافر فسفات پتاسیم و ۱۰۰۰ میکرو لیتر معرف یدید پتاسیم (KI ۲/ ۳۳ گرم یدید پتاسیم در ۲۰۰ سی سی آب مقطر) را به همراه ۵۰۰ میکرو لیتر محلول سوپرناتانت در کوئت ریخته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۹۰ نانومتر قرائت شد [۲٦].

۲-۲-۹- سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیداتیو

برای تهیه عصاره گیاهی به جهت اندازه گیری آنزیم‌های اکسیداتیو، ۰/۵ گرم از گوشت میوه با استفاده از سه میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ mM (pH=۷) حاوی پلی وینیل پیرولیدون (PVP) ۱٪ (w/v) اضافه نموده و ورتکس گردید. عصاره حاصله در ۱۳۰۰۰×g به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ، مستقیما جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز (GPX) و سوپر

اکسید دیسموتاز مورد استفاده قرار گرفت [۲۷و ۲۸].

۲-۲-۱۰- تجزیه‌های آماری

نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- وزن تر و وزن خشک زردآلو

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نانو کپسول اسانس رزماری بر صفت وزن تر و خشک میوه زردآلو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مطابق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱)، وزن تر زردآلو طی دوره انبارداری به تدریج کاهش یافت. میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری دارای کیفیت بهتری نسبت به میوه‌های بدون تیمار بودند. بین غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در حالیکه هر دو تیمار با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری ۲۰ روز پس از برداشت تفاوت معنی‌دار داشتند اما در آخرین روز نمونه‌برداری (۳۰ روز پس از برداشت) غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو اسانس رزماری شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت اگرچه هر سه غلظت نسبت به تیمار شاهد عملکرد بهتری در حفظ کیفیت میوه‌های زردآلو داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک میوه (شکل ۲) نیز حاکی از وجود روند نزولی طی انبارمانی بود با این تفاوت که میوه-های تیمار شده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری، وزن خشک بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر در آخرین روز انبارمانی داشتند. به طور کلی هر سه غلظت نانو اسانس رزماری نسبت به شاهد نقش بیشتری در حفظ وزن خشک میوه‌ها داشتند. افت وزن میوه زردآلو در زمان نگهداری در انبار به دلیل تبخیر رطوبت سلول‌ها در اثر تنفس افزایش می‌یابد که به دما و رطوبت انبار نیز بستگی دارد. در میوه‌های تیمار شده با نانو کپسول اسانس رزماری افت وزن کمتری مشاهده شد. هرچند که مکانیسم اثر حفاظتی اسانس گیاهان دارویی جهت کاهش تلفات وزن هنوز مشخص نشده است؛ اما به نظر می‌رسد از آنجا که کاهش وزن با افزایش فساد قارچی همبستگی دارد، لذا احتمالا، به علت اثر بازدارندگی اسانس‌های گیاهی در برابر رشد قارچ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها، می‌توانند سبب کاهش تلفات وزن و از دست دادن آب در میوه‌های تیمار شده شوند. نانو کپسول اسانس رزماری احتمالا با تاثیر گذاری بیشتر نسبت به اسانس‌ها، باعث کاهش تنفس و کاهش از دست دادن آب سبب کمتر شدن تغییرات وزنی میوه زردآلو شد. افزون بر این نانو کپسوله کردن باعث افزایش خواص ضد میکروبی از طریق افزایش جذب سلولی می‌شود [۱۷]. نتایج مشابهی در گلابی و انار با اسانس گیاهان دارویی گزارش شده است [۳۰و ۲۹].

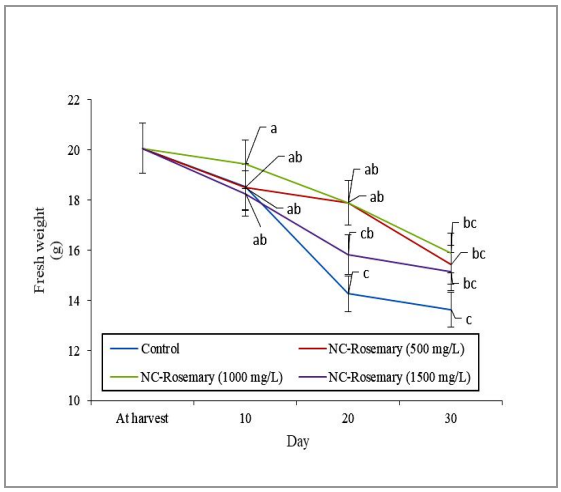

Fig1 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot fresh weight during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

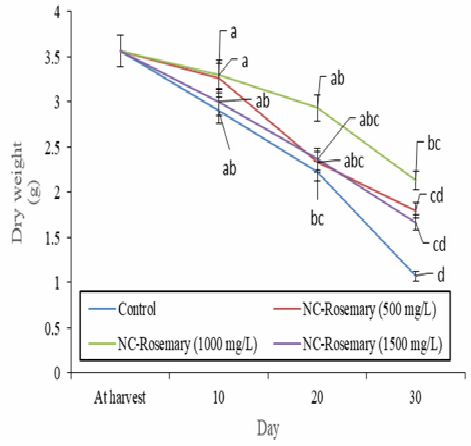

Fig 2 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot dry weight during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۲- درصد ماده خشک میوه

نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف نانو کپسول اسانس رزماری بر درصد ماده خشک میوه معنی‌دار بود بطوریکه مطابق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳) درصد ماده خشک میوه طی دوره انبارداری کاهش یافت اما میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری پس از گذشت ۲۰ و ۳۰ روز انبارمانی وزن خشک بیشتری در مقایسه به میوه‌های شاهد داشتند. در بین غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری به نظر می‌رسد که تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو اسانس رزماری تاثیر بیشتری در حفظ درصد ماده خشک میوه نسبت به سایر تیمارها داشته است. هرچه زردآلو دارای میزان آب کمتر و میزان ماده خشک بیشتری باشد و همچنین از شیرینی بیشتری برخوردار باشد، می‌تواند در فرآیند تولید برگه زردآلو مؤثر واقع شود [۳۱].

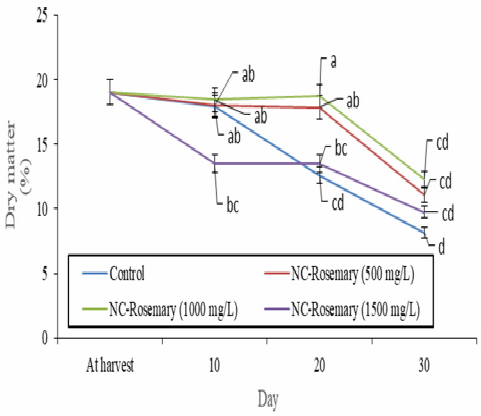

Fig 3 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot dry matter during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۳- نسبت وزن تر به وزن خشک میوه

نمودار مربوط به نسبت وزن تر به وزن خشک میوه زردآلو (شکل ٤) نشان داد که این نسبت در مدت انبارمانی افزایش یافت ولی شیب افزایش در میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده بود. با توجه به عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری، میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری دارای کمترین نسبت این شاخص در انتهای انبارمانی بودند. زردآلو علاوه بر تازه خوری، به صورت‌های فرآوری شده خشک، منجمد، کمپوت، عصاره و مربا هم مصرف می‌شود. نسبت وزن گوشت میوه به وزن تر در بعضی از میوه‌ها مانند زردآلو، شاخص مناسبی در کیفیت میوه به حساب می‌آید [۳۲]. از آنجا که در حین رسیدن میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) کاهش یافته و میزان مواد جامد محلول (TSS) افزایش می‌یابد، بنابراین با افزایش مقدار TSS به عنوان یکی از اجزای غیرساختاری ماده خشک میوه، وزن خشک گوشت نیز افزایش می‌یابد. این تغییر در میوه‌های شاهد که فرایند رسیدن آنها بطور طبیعی طی می‌شد، با آهنگ بیشتری اتفاق افتاد. ارقامی که دارای بیشترین وزن خشک و نسبت وزن گوشت به وزن هسته هستند، مناسب برای فراوری پس از برداشت (تولید برگه) می‌باشد [۳۳]. نمونه‌های تیمار شده با نانو کپسول اسانس رزماری به خاطر حفظ بیشتر ماده خشک نسبت به نمونه‌های شاهد، در حین تهیه برگه زردآلو احتمالا کیفیت ظاهری و تغذیه ای بیشتری خواهند داشت.

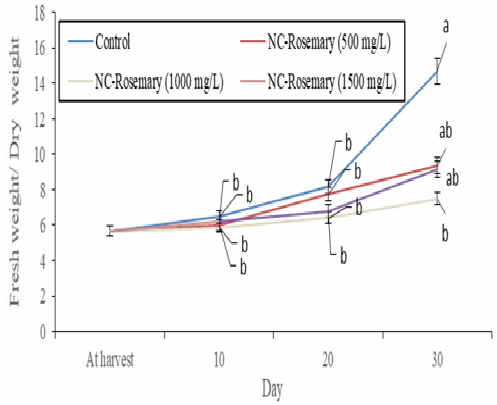

Fig 4 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot fresh weight/dry weight during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-٤- محتوای کاروتنویید میوه

در بررسی اثر تیمار نانو کپسول اسانس رزماری بر مقدار کاروتنویید میوه مشخص شد که مقدار کاروتنویید میوه طی انبارمانی افزایش یافت و میوه‌های شاهد در انتهای دوره انبارداری بیشترین مقدار کاروتنویید را داشتند. در حالیکه مقدار کاروتنویید در میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری کمتر از میوه‌های شاهد بود. ولی هیچ تفاوتی بین غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری وجود نداشت. روند افزایشی مقدار کاروتنویید در میوه‌های شاهد از روز ۱۰ ام انبارداری و در میوه‌های تیمار شده از روز

۲۰ ام انبارداری شروع شد (شکل ۵). از آنجا که زردآلو میوه فراز گرا می‌باشد [۳٤]، احتمالا افزایش مقدار کاروتنویید در میوه‌ها با رسیدگی بیشتر آنها در ارتباط است. از آنجاییکه در میوه‌های تیمار شده با نانو کپسول اسانس رزماری، روند رسیدن میوه به کندی صورت می‌گیرد، افزایش رنگیزه نیز در آنها به نسبت میوه‌های شاهد دیرتر اتفاق می‌افتد. جلوگیری از رسیدن طبیعی میوه های تیمار شده را می توان به یکی از قابلیت‌های مهم نانو ذرات که تجزیه اتیلن می‌باشد نسبت داد [٦].

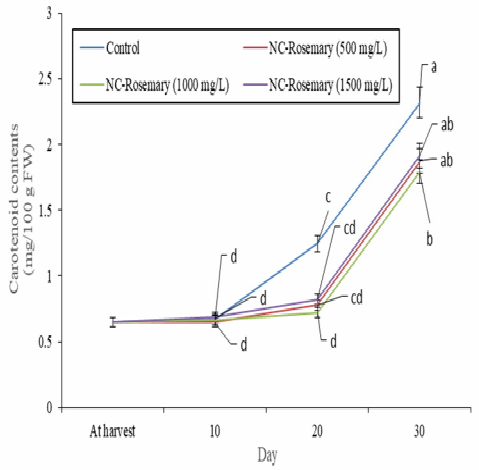

Fig 5 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot carotenoids contents during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۵- آنتوسیانین میوه

در این تحقیق میزان سیانیدین-3 گلوکوزید به عنوان شاخصی برای اندازه گیری غلظت آنتوسیانین نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان تغییرات این شاخص در نمونه‌های تیمار و شاهد نگهداری شده در سردخانه در شکل٦ نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار آنتوسیانین در میوه‌های شاهد تا ۲۰ روز پس از انبارداری در کمترین مقدار خود بوده و پس از آن بطور خطی تا انتهای انبارداری افزایش پیدا کرد در حالیکه در میوه‌های تیمارشده هیچ تغییری در میزان آنتوسیانین میوه مشاهده نشد و در همان حد کمینه بدون هیچ افزایشی، روند ثابتی داشت و تفاوت بین تیمارها نیز معنی‌دار نبود. افزایش مقدار آنتوسیانین در این مطالعه از روز ۲۰ ام به بعد احتمالاً به دلیل رسیدگی میوه و نیز فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز طی نگـه داری بوده اسـت در حالیکه روند رسیدن در میوه‌های تیمار شده کندتر و لذا مقدار آنتوسیانین‌ها نیز در همان حد اولیه، بدون تغییر باقی مانده است [۳۵]. در ایـن پـژوهش رونـد ثابت آنتوسیانین در نمونه‌های تیمـار شده نسـبت بـه نمونه‌های شاهد می‌تواند به دلیل کمتر بودن فعالیت آنزیمی و حفظ اسیدآسکوربیک باشد. افزایش در میزان آنتوسیانین طی انبارداری قبلا در میوه‌های تمشک، توت فرنگی و بلوبری گزارش شده است [۳٦].

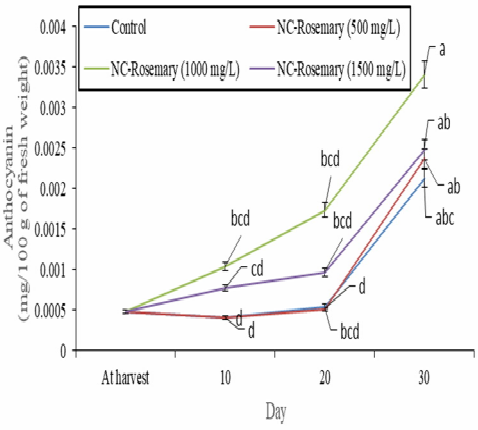

Fig 6 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot anthocyanin during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-٦- فنل میوه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف نانو کپسول اسانس رزماری بر میزان فنل زردآلو نشان داد که بالاترین مقدار فنل میوه‌ها، مربوط به روز برداشت بوده و پس از آن طی دوره انبارداری مقدار فنل کاهش یافت (شکل ۷). مطابق شکل ۷ میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری دارای بیشترین مقدار فنل در انتهای دوره انبارداری نسبت به سایر تیمارها و نیز تیمار شاهد بودند. کاهش میزان فنل گوشت میوه، هم در ارتباط با افزایش آنزیم پلی فنل اکسیداز و هم پلیمریزه شدن تانن‌ها طی انبارمانی است. نتایج مشابهی با افزایش میزان اسانس گلپر در مدت نگهداری هلو نیز در افزایش فنل میوه مشاهده شده است که احتمالا علت افزایش میزان فنل میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری در انتهای دوره انبارداری به علت ایجاد حفاظی بر روی میوه و در نهایت کاهش تبـادل اکسـیژن شـده و در نتیجـه اکسیداسیون فنل‌ها را کاهش می‌دهند [۳۷].

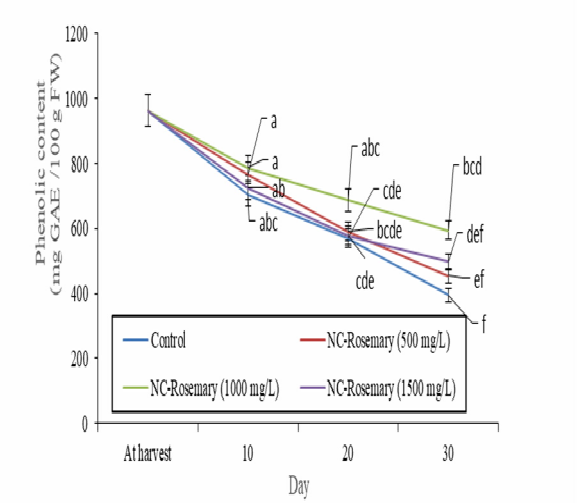

Fig 7 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot phenolic content during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۷- ویتامین C میوه

با توجه به نتایج مقایسه معلوم شد که مقدار ویتامین C طی انبارمانی کاهش یافت. میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو کپسول اسانس رزماری بیشترین مقدرا ویتامین C را در انتهای دوره انبارداری نسبت به سایر تیمارها و شاهد داشتند (شکل۸). آسکوربیک اسید (ویتامین C) یک پارامتر کیفی تغذیه‌ای مهم در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد و در مقایسه با سایر مواد غذایی در طی دوره انبارداری زودتر از بین می‌رود [۳۸]. میزان ویتامین C در دوره بعد از برداشت کاهش می‌یابد. این ویتامین در اثر فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز تجزیه و آنگاه هیدرولیز می‌شود. کاهش میزان آسکوربیک اسید می‌تواند به علت تنفس بالا باشد. آسکوربیک اسید یک بازدارنده فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز است که میزان آن با پیشرفت رسیدن میوه کاهش می‌یابد که با افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در مرحله رسیدن میوه در ارتباط می‌باشد [۳۹].در این پژوهش با وجود کاهش در میزان آسکوربیک اسید میوه‌ها در طول نگهداری میوه زردآلو، در روز پایانی انبارمانی میوه‌های تیمار شده با نانو کپسول اسانس رزماری دارای سطح بالاتری از آسکوربیک اسید بودند که با نتایج گلستانی و رستگار (۱۳۹۶) در انبه مطابقت دارد [۴۰]. این کاهش می‌تواند به دلیل اکسید شدن اسید آسکوربیک در محیط باشد. علاوه بر اکسیداسیون، افزایش pH در اثر فعالیت آنزیمی نیز می‌تواند سبب کاهش اسیدآسکوربیک شود. ابتدا در اثر اکسیداسیون، اسیدآسکوربیک به دهیدرو -L آسکوربیک اسید و در صورت ادامه واکنش به دی کتو-L گلوکونیک تبدیل می‌شود که این مسیر غیر قابل برگشت است و در نتیجه افت شدیدی در میزان این ترکیب در زمان نگهداری زردآلو در انبار مشاهده می‌شود [۳۵]. نتایج حاکی از کاهش میزان اسیدآسکوربیک با گذشت زمان بود. در نمونه‌های تیمار شده احتمالا به دلیل کاهش میزان تنفس و فعالیت آنزیمی میزان کاهش این ویتامین کمتر بود [۴۱].

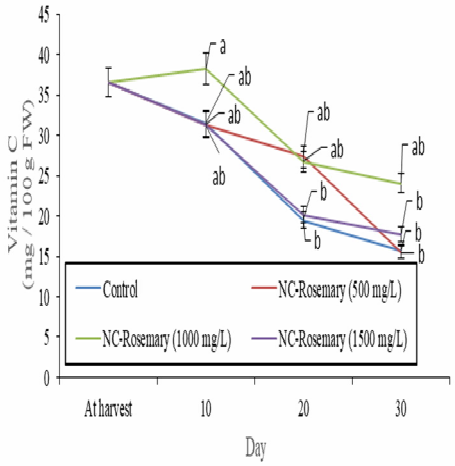

Fig 8 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot vitamin C during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۸- کربوهیدارت کل میوه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد مقدار کربوهیدرات کل میوه‌ها طی انبارداری کاهش یافت بطوریکه بیشترین کاهش در میوه‌های شاهد و کمترین کاهش در میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری مشاهده شد. در میوه‌های تیمار شده با ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری نیز کاهش کمتری در مقدار کربوهیدرات کل در انتهای دوره انبارداری، نسبت به میوه‌های شاهد اتفاق افتاد (شکل۹). اسانس‌ها با دارا بودن ترکیبات فنلی به عنوان یک مکانیسم دفاعی با کاهش تنفس و تولید اتیلن باعث حفظ خصوصیات کیفی میوه می‌شوند. احتمالا نانو کپسول اسانس رزماری با تشکیل یک لایه نازک روغنی اطراف پوست میوه مشابه یک پوشش عمل کرده و مانع تبخیر آب از پوست و حفظ کیفیت میوه از جمله جلوگیری از کاهش کربوهیدرات محلول بواسطه تنفس میوه طی دوره انبارداری شده است [۴۲].

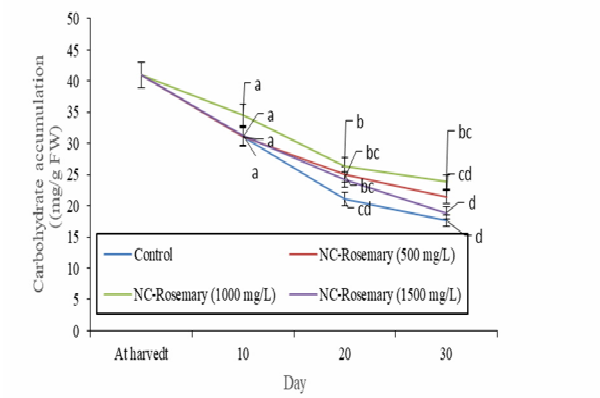

Fig 9 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot carbohydrate accumulation during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۹- فعالیت آنتی اکسیدانی میوه

طبق نتایج حاصل از مقایسات میانگین (شکل ۱۰) مشخص گردید که میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نیز در میوه‌ها، طی دوره انبارداری کاهش یافت. روند کاهش طی ۱۰ روز اول انبارداری با سرعت بیشتر و پس از آن تا انتهای انبارمانی، روند کاهش، کندتر انجام گرفت. آهنگ کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در همه تیمارها یکسان نبود اما تمامی میوه‌های تیمار شده با نانو اسانس رزماری فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به میوه-های شاهد داشتند. بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰، ۵۰۰ و سپس ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری مشاهده شد. طی زمان نگهداری فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها کاهش می‌یابد که این روند به دلیل محافظت سلول در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد است. کاهش اسید آسکوربیک و فنل هم یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. زیرا این دو ترکیب خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته و با کاهش میزان آنها فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش خواهد یافت [۴۳]. در زردآلوهای تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر بود که احتمالا به دلیل پایداری بیشتر آنها و لذا حفظ بهتر اسید آسکوربیک و فنل نسبت به نمونه‌های شاهد می‌باشد [۴۴]. از طرفی ترکیبات فنلی موجود در نانو اسانس رزماری، یکی از بهترین منابع آنتی اکسیدان‌های طبیعی است [۴۵]. همچنین ارتباط مثبتی بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد [۴۶].

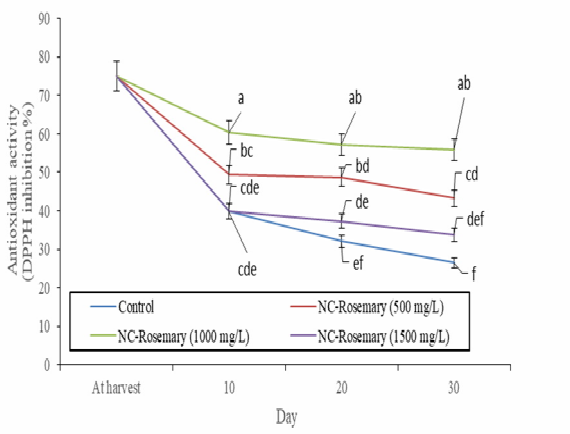

Fig 10 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot antioxidant activity during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۱۰- هیدروژن پراکسید میوه

مقدار هیدروژن پراکسید طی دروه انبارداری در تمامی تیمارها و نیز شاهد افزایش یافت (شکل ۱۱).

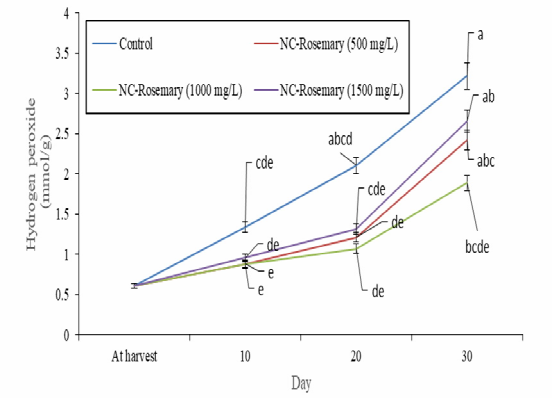

Fig 11 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot hydrogen peroxide during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

بیشترین میزان افزایش در میوه‌های شاهد و کمترین افزایش در میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری مشاهده شد. در میوه‌های تیمار شده با سایر غلظت‌های نانو کپسول اسانس رزماری نیز میزان هیدروژن پراکسید افزایش یافت. بالا رفتن غلظت پراکسید هیدروژن می‌تواند به عنوان پیام‌بر ثانویه در فعال‌سازی پروتئین‌هایی با وزن مولکولی کم مرتبط با بیماری‌زایی عمل نموده و از طریق افزایش بیان و فعالیت آنزیم‌های دفاعی گیاه مانند کیتیناز، گلوکوناز و فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز سبب بالارفتن مقاومت گیاه در برابر انواع تنش‌ها می‌شود [۴۷].

۳-۱۱- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز میوه

نتایج از حاصل از تیمار نانو کپسول اسانس رزماری بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (شکل ۱۲) حاکی از روند افزایشی این آنزیم طی انبارداری بود. تفاوت بین میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو اسانس رزماری با شاهد و سایر تیمارها معنی‌دار بود و این میوه‌ها دارای بیشترین میزان فعالیت آنزیم در انتهای انبارداری بودند. میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری هیچ تفاوت معنی‌داری با میوه‌های شاهد نداشتند و روند افزایش در فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در آنها نسبت به میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری بسیار آهسته بود. این نتایج با پژوهش رحمن زاده ایشکه و همکاران (۱۳۹۷) از نظر تاثیر نانو کپسول اسانس بر فعالیت آنزیم گایاکوا پراکسیداز مطابقت داشت [٤٨].

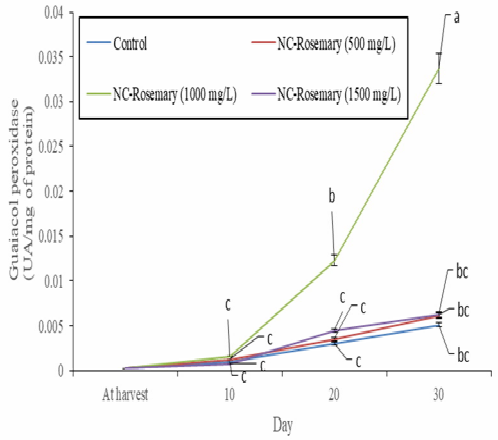

Fig 12 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot guaiacol peroxidase during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

۳-۱۲- فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز میوه

نتایج حاصل از تیمار نانو کپسول اسانس رزماری بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در زردآلو در شکل ۱۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز طی انبارداری افزایش یافت. این افزایش در میوه‌های تیمار شده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو اسانس رزماری بیشتر از سایر تیمارها و نیز تیمار شاهد بود. میوه‌های شاهد دارای کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز بودند. میوه-های تیمار شده با غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کپسول اسانس رزماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. آنزیم SOD در کاهش رادیکال‌های سوپراکسید و حفاظت سلول از آسیب‌ها به دلیل تجمع سریع رادیکال‌ها سهیم است. افزایش فعالیت SOD می تواند در اجتناب یا تاخیر در تجمع رادیکال‌های سوپراکسید در طول انبار و سپس کاهش آسیب به بافت در میوه‌های تیمار شده نقش داشته باشد [٤٩]. هر گونه تاخیر در پیری سبب افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت میوه در انبار می‌شود. بر خلاف شروع انبارداری، در پایان انبارداری (در اغلب تیمارهای دمایی و همچنین میوه‌های نگهداری شده در انبار معمولی) فعالیت SOD افزایش یافت [٥٠].

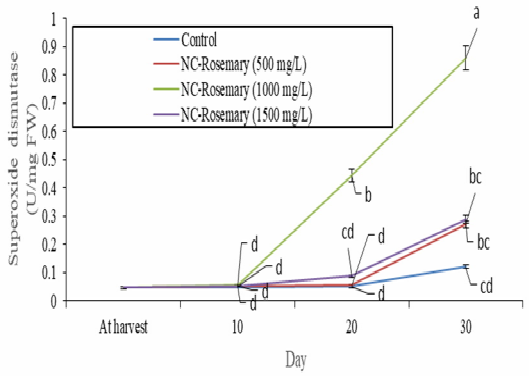

Fig 13 Effect of nano-encapsulated rosemary on apricot superoxide dismutase during storage life. Values with similar letters are not significantly different ($p < 0.05$).

٤- نتیجه‌گیری کلی

به منظور افزایش ماندگاری میوه‌های فسادپذیر از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از آنها استفاده از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در مراحل مختلف بسته‌بندی و نگهداری می‌باشد. اسانس‌ها با کاهش تنفس و در نتیجه کند کردن فرآیند رسیدن و پیری میوه، سبب جلوگیری از تخریب و در نتیجه حفظ کیفیت خوراکی میوه می‌شوند. زردآلو از جمله میوه‌هایی است که بدلیل فساد پذیری بالا، ماندگاری کمتری نسبت به میوه‌های دیگر دارد. طبق نتایج این پژوهش استفاده از نانو کپسول اسانس رزماری در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث حفظ ویژگی‌های کیفی از جمله وزن تر و خشک، کربوهیدرات محلول، فنل و ویتامین C و فنل طی زمان

نگهداری شد. همچنین تأثیر آن برحفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه معنی‌دار بود. غلظت ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسانس کارایی مناسبی نداشتند که احتمالا به ترتیب به دلیل غلظت کمتر از حد تاثیر و سمیت ناشی از غلظت بیشینه اسانس رزماری می‌باشد. اسانس رزماری به دلیل دارا بودن ترکیبات فنلی مانند کارنوزول، اپی رزمانول و ایزو رزمانول و همچنین اسید رزمارینیک و اسید کارنوزیک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بالایی دارد که باعث تأثیر بر خواص آنتی‌اکسیدانی، افزایش مقاومت در برابر آلودگی‌های میکروبی و در نتیجه افزایش ماندگاری میوه می‌گردد. با توجه به این که تیمار میوه‌ها با اسانس‌های گیاهی طعم آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین احتمال دارد پذیرش میوه‌هایی که تیمارهای نانوکپسول اسانس روی آنها اعمال شده است از سوی مصرف‌کننده بیشتر پذیرفته شود ولی باید سعی شود با استفاده از روش‌های مناسب حداقل غلظت از اسانس‌ها استفاده شود تا اثراتی که روی طعم میوه می‌گذارد به حداقل برسد. البته می‌بایست تحقیقات زیادی انجام شود تا امکان استفاده از اسانس و فرمولاسیون‌های مناسب اسانس برای هر کدام از میوه‌ها فراهم شود.

۵- سپاس‌گزاری

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه مراغه جهت حمایت از طرح پژوهشی مصوب شماره ۹۸/د/۶۹۹۴ که مقاله حاضر مستخرج از آن می باشد، اعلام می دارند.

۶- منابع

[1] Mohammadhosseini, M., Sarker, S. D., and Akbarzadeh, A. 2017. Chemical composition of the essential oils and extracts of Achillea species and their biological activities: A review. Journal of Ethnopharmacology, 199, 257-315. [In Persian]

[2] Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., and Bhandari, B. 2008. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. Drying Technology, 26(7), 816-835. [In Persian]

[3] Lai, F., Wissing, S. A., Müller, R. H., and Fadda, A. M. 2006. Artemisia arborescens L essential oil-loaded solid lipid nanoparticles for potential agricultural application: preparation and characterization. Aaps Pharmscitech, 7(1), E10.

[4] Prakash, B., Kujur, A., Yadav, A., Kumar, A., Singh, P.P., and Dubey, N.K. 2018. Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. Food Control, 89: 1-11

[5] Sondi, I., and Salopek-Sondi, B. 2004. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. Journal of Colloid and Interface Science, 275(1), 177-182.

[6] Hu, A. W., and Fu, Z. H. 2003. Nanotechnology and its application in packaging and packaging machinery. Packaging Engineering, 24(4), 22-24.

[7] Tournas, V. H., and Eugenia Katsoudas. 2005. "Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits." International Journal of Food Microbiology, 105(1), 11-17.

[8] Tian, S.P. 2007. Management of postharvest diseases in stone and pome fruit crops. In General Concepts in Integrated Pest and Disease Management (*A. Ciancio* and *K. Mukerji*, eds.) pp. 131–147, Springer, Dordrecht, the Netherlands.

[9] Jan, N., and Naik, H.R. 2018. Apricots production postharvest technology. SciMed Tech Publishing. Isbn: 978-93-87631-14-4.

[10] Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., Neng, N. R., and 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(11), 2707-2714.

[11] Fernández-Delgado, M., Cernadas, E., Barro, S., and Amorim, D. 2014. Do we need hundreds of classifiers to solve real world classification problems. Journal of Machine learning Research, 15(1), 3133-3181.

[12] Alizadeh, H.R., Farzaneh, M., and Azami, Z.A. 2015. The effect of nanoemulsion of cinnamon essential oil in reducing post-harvest caries of strawberry fruit. Biological Control of Pests and Diseases, 4(1), 57-64. [In Persian]

[13] Seifi, F., Farzaneh, M., Rafati, H. and Rezadoost, H. 2014. Antifungal potency of some medicinal plants essential oils nano-emulsions to control soft rot in strawberry fruit caused by Rhizopus stolonifera. *Biocontrol in Plant Protection,* 2(1), 69-79. [persian]

[14] Weisany, W., Amini, J., Samadi, S.,

Hossaini, S., Yousefi, S., and Struik, P. C. 2019. Nano silver-encapsulation of *Thymus daenensis* and *Anethum graveolens* essential oils enhances antifungal potential against strawberry anthracnose. Industrial Crops and Products, 141, 111808.

[15] Mohammadi, A., Hashemi, M., and Hosseinia, S. M. 2015. Nanoencapsulation of *Zataria multiflora* essential oil preparation and characterization with enhanced antifungal activity for controlling *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold disease. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 28, 73-80.

[16] Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., and Martín-Belloso, O. 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. Postharvest Biology and Technology, 105, 8-16.

[17] Donsì, F., Annunziata, M., Sessa, M., and Ferraria, G. 2011. Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. LWT - Food Science and Technology, 44(9), 1908-1914.

[18] Razavi, S. E., Rastegar, M., Ebrahemi, P., and Rezaee, SH. 2019. Investigation of the Physical and Chemical Properties of *Zataria multiflora* Essential oil Nano Emulsions on the Preservation of Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). Food Science and Technologhy, 16(87), 79-87. [In Persian]

[19] Garcia-Fernández, M., and Giménez-Mas, S. I. 2010. "La inteligencia emocional y sus principales modelos: propuesta de un modelo integrador." Espiral. Cuadernos del profesorado, 3(6), 43-52.

[20] Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1), 1.

[21] Takeda, T., Inomata, M., Matsouka, H., Hikuma, M., and Furusaki, S. 2013. Release of anthocyanin from strawberry cultured cells with heating treatment. Biochemical Engineering Journal, 15(3), 205-210.

[22] Singleton, V. L., and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic– phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144–158.

[23] Bor, J.Y., Chen, H.Y., and Yen, G.C. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(6), 1680-1686.

[24] Schlegel, H. G. 1956. Die verwertung organischer säuren durch Chlorella im licht. Planta, 47(5), 510-526.

[25] Chiou, M.J., Wang, Y.D., Kuo, C.M., Chen, J.C., and Chen, J.Y. 2007. Functionl Analysis of Mitogen-Activated Protein Kinase-3 (MAPK3) and Its Regulation of the Promoter Region in Zebra fish. Journal DNA and Cell Biology, 26, 781-790.

[26] Velikova, V., Yordanov, I., and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. Plant science, 151(1), 59-66.

[27] Mencarelli, F., Agostini, R., Botondi, R., and Massantini, R. 1995. Ethylene production, ACC content, PAL and POD activities in excised sections of straight and bent gerbera scapes. Journal of Horticultural Science, 70(3), 409-416.

[28] Gupta, A. S., Webb, R. P., Holaday, A. S., and Allen, R. D. 1993. Overexpression of superoxide dismutase protects plants from oxidative stress (induction of ascorbate peroxidase in superoxide dismutase-overexpressing plants). Plant Physiology, 103(4), 1067-1073.

[29] Alikhani, M., Sharifani, M., Azizi, M., Hemati, KH., and Mousavizadeh, S.J. 2009. The effect of natural compounds in shelf- life and quality of pear fruit (Esfahan shah mive cultivar). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources , 16(3),158-171. [In Persian]

[30] Ghafouri, M., Soleimani, A., Rabiee, V., and Hemmati, R. 2015. The Effect of Thyme Essential oil- Post harvest Spray on storage Life and Quality of Pomegranate (cv. Tarom Red Skin). Journal of Horticulture Science, 29(4), 547-555. [In Persian]

[31] Ebrahimi, S., Rezaei Nejad, A., Ismaili, A., and Karimi, F. 2014. Physiological and Phenological Variability and Heritability of Some Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars and Genotypes. Plant Genetic Researches, 1 (2), 55-70. [In Persian]

[32] Taghipoor, L., and Rahemi, M. 2009. Evaluation the effects of some chemical agents on thinning percent and quality of apricot cv 'Khiary ' (*Prunus armenica* L. cv. 'Khiary '). Journal of Horticultural Sciences, 23(2), 78-84. [In Persian]

[33] Molaei, S., Soleimani, A., and Zainalabedini, M. 2016. Evaluation of the Quantitative and Qualitative Characteristics of some Apricot cultivars in Zanjan. Journal of

Horticulture Science, 30(1), 35-48. [In Persian]

[34] Crisosto, C. H., and Kader, A. A. 1999. Apricots postharvest quality maintenance guidelines. Department of pomology university of California.

[35] Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., and González-Martínez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. Postharvest bBiology and Technology, 41(2), 164-171.

[36] Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., and Prior, R. L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of agricultural and food chemistry, 47(11), 4638-4644.

[37] Pirhayati, A., Daraei Garmakhany, A., Golami, M., Mirzakhani, A., and Khalilzadeh Ranjbar, GH. 2019. Application of *Aloe vera* Gel Coating Enriched with Golpar Essential Oil on the Shelf Life of Peach Fruit (*Prunus persica* var, Zafarani). Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 13(4), 75-88. [In Persian]

[38] Bower, J. H., Biasi, W. V., and Mitcham, E. J. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. Postharvest Biology and Technology, 28(3), 417-423.

[39] Lounds-Singleton, A. J. 2003. Influence of thermal postharvest stress on mango (*Magnifera indica*) polyphenolics during ripening (Doctoral dissertation, University of Florida).

[40] Golestani, A., and Rastegar, S. 2017. Effect of Rosemary and Artemisia Essential Oil on Decay Control and Quality Characters of Mango Fruit during Storage. The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40(2), 54-62. [In Persian]

[41] Wang, S. Y., and GAO, H. 2013. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). LWT-Food Science and Technology, 52(2), 71-79.

[42] Nasrolahzadeh Asl, N. 2013. The effect of edible coatings in maintaining quality and increasing longevity of fruits and vegetables. Agricultural and Natural Resources Engineering, 11(42), 31-36. [In Persian]

[43] Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A., and Cabaroglu, T. 2009. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. Microchemical Journal, 91(2), 187-192.

[44] Saffarzadeh-Matin, SH., and Shahbazi, M. 2016. Modeling and Optimization of process conditions in nanoencapsulation of the polyphenolic extract of industrial apple pomac. Innovative Food Technologies, 3(12), 1-13. [In Persian]

[45] Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International Journal of food microbiology, 94(3), 223-253.

[46] Wang, S. Y., and Lin, H. S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(2), 140-146.

[47] Nishikawa, F., Kato, M., Hyodo, H., Ikoma, Y., Sugiura, M., and Yano, M. 2003. Ascorbate metabolism in harvested broccoli. Journal of Experimental Botany, 54(392), 2439-2448.

[48] Rahmanzadeh Ishkeh, SH., Asghari, M. R., Shirzad, H., and Alirezalu, A. 2018. Combination effects of Lemon essential oil and chitosan nano-emulsion on enzyme activity, antioxidant capacity and phytochemical content of Raspberry fruit. Food Science and Technologhy, 15(80), 75-88. [In Persian]

[49] Vicente, A. R., Martínez, G. A., Chaves, A. R., and Civello, P. M. 2006. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. Postharvest Biology and Technology, 40(2), 116-122.

[50] Fatahi Moghadam, J., Hashempour, A., and Ghasemnezhad, M. 2019. Evaluation of some quality indices and antioxidant enzymes activity in fruits of two blood orange verities under heat treatments at postharvest stage. Food Science and Technologhy,15(84), 349-364. [In Persian].

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of nano-encapsulation of rosemary in quality preserving and antioxidative activity of apricot (*Prunus armeniaca* cv. Tabarzeh) during storage life

Seyed Hajizadeh, H. [1*], Zahedi, S. M. [1], Rezaie, S. [2]

1. Associate Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
2. MSc. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheg, Maragheh, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 10/ 28
Accepted 2021/ 05/ 26

Keywords:

Nano encapsulated rosemary,
Apricot,
Anti-oxidant,
Storability.

DOI: 10.52547/fsct.18.117.183

*Corresponding Author E-Mail:
hajizade@maragheh.ac.ir

ABSTRACT

After peaches and plums, apricots are the third product of stone fruits, which is popular among consumers because of high levels of antioxidants. Apricot is a climacteric and perishable fruit with a short storability. Essential oils have a great potential in maintaining quality of fruits and vegetables as an alternative to artificial preservatives that are dangerous to health. Recent advances in nanotechnology, and in particular the nano encapsulation of essential oils, have alleviated the problems of their use. So a factorial experiment was conducted in a completely randomized design on apricots Tabarzeh in three replications to investigate the effect of rosemary nano capsoules on physico-chemical properties of fruit during storage. Results showed the amount of fresh and dry weight as well as the percentage of dry matter decreased during storage which was more in controls than treated fruits. The amount of carotenoids and anthocyanins increased rapidly in control fruits compared to treated fruits from 20th day of storage. The highest amount of phenol in fruits was harvested per day and had a downward trend until the end of storage. Fruits treated with 1000 mg/L had more phenol at the end of storage compare to control and other treatments. These fruits also had the highest amount of vitamin C and total carbohydrates at the end of storage, despite their declining trend. All fruits treated with rosemary nanocapsules had higher antioxidant activity than the control at the end of storage. During storage of apricots, the amount of hydrogen peroxide and the activity of enzymes guaiacol peroxidase and superoxide dismutase increased. At the end of storage, fruits treated with 1000 mg/L rosemary nanocapsules had the lowest amount of hydrogen peroxide and the highest activity of guaiacol peroxidase and superoxide dismutase enzymes, while this trend was reversed in control.