# تاثیر دو روش بسته‌بندی نانویی بر پایه کیتوزان بر شرایط میکروبی دو رقم زردآلو (۵۸- شاهرود و چین‌کلاغی)

**بهجت تاج‌الدین** *

*استادیار گروه مهندسی بسته بندی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۴/۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۹/۹



## چکیده

**مقدمه:** زردآلو میوه‌ای نرم با ماندگاری کوتاه است که دارای مقاومت پایینی در برابر فشارهای مکانیکی و شرایط نامناسب حمل و نقل و نگهداری می‌باشد و در نتیجه از ضایعات قابل توجهی برخوردار است. بسته‌بندی مناسب یکی از روش‌هایی است که می‌تواند ضایعات این محصول باغی را در مراحل پس از برداشت و بازاررسانی تا حد زیادی کاهش دهد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، تاثیر یک نوع واکس نانویی بر پایه کیتوزان و ظروف نانویی کیتوزانی (شانه) بر خواص میکروبی دو رقم چین‌کلاغی و ۵۸- شاهرود میوه زردآلو بررسی شد. بخشی از دو رقم زردآلو بدون تیمار به عنوان شاهد، قسمتی با واکس فوق پوشش داده شده و بخشی نیز داخل شانه، در دمای ۰°C و رطوبت نسبی (۵±۹۰٪) قرار گرفتند. طی مدت نگهداری، هر هفته، شرایط نمونه‌ها با انجام آزمون‌های میکروبی بررسی شد. برای اطمینان از وجود ذرات نانوامولسیون روی میوه، آزمون SEM نیز انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین عوامل پوشش، رقم و زمان نگهداری از نظر شمارش‌کلی میکروبی و تعداد کولونی کپک‌ها و مخمرها وجود دارد. پوشش و شانه نسبت به شاهد نقش موثری در کاهش سرعت رشد میکروبی ایفا کردند. نتایج SEM نشان داد که نانوامولسیون به‌خوبی روی نمونه‌های پوشش‌دار هر دو رقم قرار گرفته است. نمونه‌های شاهد هر دو رقم دارای سطح تخریب شده هستند اما نمونه‌های دارای پوشش، از سطح یکدست و مناسبی برخوردار می‌باشند.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص ضد باکتریایی مناسب در کاهش سرعت آلودگی میکروبی و در نتیجه حفظ کیفیت زردآلو پیشنهاد می‌شود.

***واژه‌های کلیدی:*** *پوشش‌دهی، خواص میکروبی، زردآلو، ظرف نانویی‌کیتوزان (شانه)، محلول نانوامولسیون کیتوزان*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: behjat.tajeddin@yahoo.com

## مقدمه

زردآلو با نام علمی *Prunus armeniaca* درختی تک پایه است که موطن اصلی آن کشور چین می‌باشد. این میوه، تحت گونه پروناس[1] از زیر خانواده پرونویدا[2]، خانواده روزاسه[3] و گروه روزالس[4] طبقه‌بندی می‌شود و یک نوع پرورش یافته از زردالی[5] (زردآلو وحشی) می‌باشد که اهلی شده است (Ozbek, 1978; Janick & Paull, 2008). در حال حاضر، درخت زردآلو در ایالات متحده آمریکا در ایالت کالیفرنیا و ایالت‌های غربی آن کشور؛ در قاره آسیا در ایران، سوریه، و ترکیه؛ در اروپا در اسپانیا، فرانسه، ایتالیا، یونان، و یوگسلاوی سابق؛ و تا حدودی در آفریقای جنوبی پراکنده شده است. وجود شرایط آب وهوایی مناسب برای پرورش زردآلو و از طرف دیگر گسترش انواع گونه‌های آن در ایران بیانگر این مطلب است که امکان بهره‌برداری از شرایط طبیعی در ایران برای پرورش این محصول مناسب می‌باشد. در ایران، اقلیم سرد شمال و ارتفاعات بالای ۱۵۰۰ متر در استان‌های جنوبی‌تر برای پرورش انواع درختان میوه سردسیری از جمله زردآلو مناسب‌تر است. مطابق گزارش دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۹۰، مقدار سطح زیر کشت درختان بارور و غیر بارور کشور ۶۰۹۳۳ هکتار بوده است. استان‌های آذربایجان شرقی با میزان تولید ۸۸۷۹۹ تن و بوشهر با مقدار تولید ۴/۵ تن به ترتیب بالاترین و کمترین میزان تولید محصول زردآلو و قیسی را در سال ۱۳۹۰ در سطح کشور دارند. تولید زردآلو در استان چهارمحال و بختیاری رقمی را به خود اختصاص نداده است. بالاترین عملکرد با مقدار ۱۸۰۶۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به استان زنجان می‌باشد. از ارقام مهم تجاری زردآلوی ایرانی شکرپاره، شمس، نخجوان، قرمز شاهرودی، نصیری، اردوباد، و جهانگیری است که بویژه شکرپاره در بیشتر نقاط ایران کشت می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۰).

زردآلو میوه‌ای بسیار خوشمزه، مغذی، و دارای مواد معدنی مثل پتاسیم، و ویتامین‌هایی مانند بتا کاروتن است که ماده پایه برای ویتامین A بوده و برای بدن ضروری می‌باشد (Haciseferogullari *et al*., 2005) و نقش مهمی در تغذیه انسان دارد. این محصول، به عنوان یک میوه تازه، خشک و یا فرآوری شده مانند زردآلوی منجمد، مربا، ژله، مارمالاد، پالپ، آب میوه، شهد یا نکتار، فرآورده‌های اکستروژنی[6] استفاده می‌شود. علاوه بر این، هسته زردآلو در تولید روغن، مواد آرایشی، کربن فعال و عطرها کاربرد دارد (Janick & Paull, 2008; Yildiz, 1994). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل فنل‌ها و بویژه فلاونوئیدها، به میزان قابل‌توجهی در میوه‌ها ازجمله زردآلو وجود دارد (Justino *et al*., 2004) و نقش مهمی در جلوگیری از بیماری‌هایی مثل سرطان، پارکینسون و آلزایمر ایفا می‌کند.

در اثر ماندن میوه بر درخت، ذرات گردوغبار روی میوه می‌نشیند و شستشوی میوه را ضروری می‌سازد اما فرآیند شستشو، پوشش طبیعی میوه‌ها را از بین می‌برد و در نتیجه میوه‌ها به‌سرعت آب خود را از دست می‌دهند، بافت آسیب می‌بیند، و مانع از عرضه طولانی مدت و یا صادرات میوه می‌شود. یکی از روش‌های مناسب برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و جلوگیری از گسترش صدمه‌دیدگی حاصل از ضربه، استفاده از واکس‌ها و پوشش‌های بر پایه پلیمرهای طبیعی است. میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت، به تنفس خود ادامه می‌دهند و با مصرف انرژی و اکسیژن، گلوکز را اکسید کرده و $CO_2$ و گرما تولید می‌کنند. اکسیژن جذب شده قندهای داخل میوه‌ها را به اسیدها، الکل‌ها و غیره تبدیل می‌کند و باعث ترش‌شدن و خرابی میوه می‌شود. پوشش دادن میوه‌ها و سبزی‌ها انتقال رطوبت، اکسیداسیون و تنفس را کاهش داده و در نتیجه باعث حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری آن‌ها می‌گردد. پوشش‌ها و فیلم‌های بر پایه پلی‌ساکارید برای کاهش سرعت خروج رطوبت در برخی مواد غذایی در طول نگهداری کوتاه‌مدت به کار می‌روند. این فیلم‌ها خواص ساختاری را بهبود می‌بخشند. پوشش‌ها بدون این‌که شرایط بی‌هوازی ایجاد کنند، سرعت رسیدگی را کند کرده و موجب افزایش زمان ماندگاری می‌گردند. پوشش‌های پلی‌ساکاریدی از منابع مختلف، از جلبک‌های دریایی گرفته تا مواد استخراج شده از بافت‌های پیوندی سخت‌پوستان تهیه می‌شود. نشاسته، سلولز، پکتین، کیتوزان، و آلژینات ازجمله پلی ساکاریدهایی هستند که در فرمولاسیون پوشش‌ها به کار می‌روند (Franssen *et al*.,

[1] *Prunus* species
[2] *Prunoidae* sub –family
[3] *Rosaceae* family
[4] *Rosales* group
[5] *zerdali*
[6] Extrusion Products

2004; Park *et al*., 2004; Flores *et al*., 2007; Ricardo *et al*., 2012). بنابراین، استفاده از پوشش‌ها، بسته‌بندی‌های مناسب و نگهداری محصول در شرایط مطلوب، ضایعات پس از برداشت محصولات باغی از جمله زردآلو را به حداقل می‌رساند.

کیتین و کیتوزان، دو پلیمر طبیعی (پلی‌ساکارید ازت‌دار) هستند که بسیاری از مشتقات آن‌ها در صنایع غذایی، داروسازی، آرایشی، زیست‌فناوری، و کشاورزی بکار برده شده است. کیتوزان، مشتق دی‌استیل‌شده کیتین است که با وجود زیست‌تخریب‌پذیری، گروه‌های جانبی آمینی بسیار فعالی دارد که امکان تغییرات شیمیایی را فراهم می‌کند، و دامنه وسیعی از مشتقات مفیدی که به طور تجاری موجود هستند را تشکیل می‌دهد. تولید کیتوزان از پوست سخت‌پوستانی مثل خرچنگ و میگو (به عنوان ضایعات صنایع غذایی) از نظر اقتصادی به‌صرفه است. کیتین و کیتوزان در حال حاضر به طور تجاری در هند، لهستان، ژاپن، آمریکا، نروژ و استرالیا تولید می‌شود (Dutta *et al*., 2004). از کیتوزان به عنوان فیلم یا پوشش خوراکی برای افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی مانند میوه‌ها، گوشت، و ماهی و غذاهای دریایی استفاده می‌شود (Dutta *et al*., 2004; Bautista-Banos *et al*., 2006; Yu *et al*., 2006).

فعالیت ضد باکتریایی کیتوزان بر روی اشریشیا کلی بررسی شد و نتایج نشان داد که کیتوزان بر رشد آن، اثر مهارکننده دارد (قوچق و موسوی،۱۳۸۰). طی مطالعه‌ای، کیتوزان با پلی‌لاکتیک‌اسید(PLA[1]) و پلی هیدروکسی بوتیریک اسید (PHB[2]) برای کاربردهایی چون بسته‌بندی مخلوط و استفاده شد (Yu *et al*., 2006). در بررسی اثر کیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاهرودی، ابتدا میوه‌ها با محلول کیتوزان ۰/۵ و ۱٪ تیمار شده و سپس در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۹۰٪ به مدت ۹۰ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که کیتوزان میزان فساد حبه‌ها را کاهش داده است (مستوفی و همکاران، ۱۳۹۰). دوتا و همکاران، از کیتوزان به دلیل ویژگی‌های مناسب آن مثل زیست‌تخریب‌پذیری، انعطاف‌پذیری، فعالیت ضد میکروبی، غیرسمی بودن و خواص شیمیایی و فیزیکی به عنوان ماده سازنده فیلم بسته‌بندی استفاده کردند و آن را برای حفظ کیفیت انواع مواد غذایی به کار بردند (Dutta *et al*., 2009). با توجه به موارد بالا، هدف از انجام این مطالعه، بررسی تاثیر یک نوع پوشش نانویی و همچنین ظرف حاوی نانو ذرات کیتوزان بر کیفیت ماندگاری زردآلو طی مدت زمان نگهداری آن می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### - مواد

دو رقم زردآلو، چین‌کلاغی و ۵۸- شاهرود از ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر که به ترتیب به شماره‌های ۵۱۰ و ۵۲۶ در آن‌جا ثبت شده است، تهیه شد. واکس نانویی‌کیتوزان (کیتین سیل ۹۰۶) و ظروف یکبار مصرف نانوکیتوزانی (شکل ۱) از شرکت نانو واحد صنعت اصفهان تهیه گردید.

**شکل۱- نمونه‌های بدون پوشش زردآلو در ظروف دارای نانوکیتوزان**

### - روش‌ها

ارقام چین کلاغی و ۵۸- شاهرود، بلافاصله پس از برداشت (برداشت زردآلو در حالت رسیدن کامل زردآلو که هنوز بافت سفتی دارد، انجام گرفت)، به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های سالم از نمونه‌های آلوده یا آسیب‌دیده جدا شدند. سپس نمونه‌های هر یک از دو رقم (بدون شستشوی اولیه)، به سه گروه مشتمل بر میوه‌های شاهد یا بدون تیمار؛ میوه‌های پوشش داده شده با پوشش نانوامولسیونی بر پایه کیتوزان (میوه‌ها در محلول آماده فوق، به مدت ۱-۲ ثانیه غوطه‌ور شدند)؛ و میوه‌های قرار داده شده در ظروف یا شانه‌های حاوی نانوذرات کیتوزان تقسیم و کدگذاری

[1] Poly Lactic Acid

[2] Poly(3-hydroxybutyric acid)

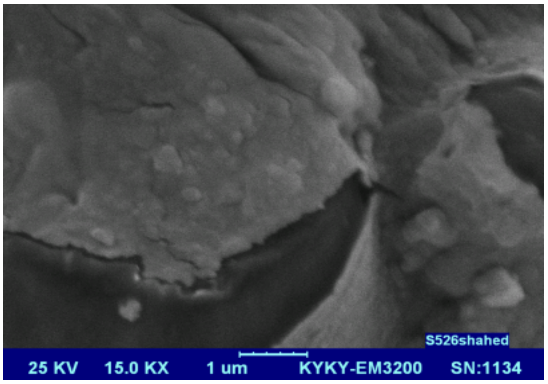
گردیدند. تمامی نمونه‌ها داخل سبد میوه در سردخانه با دمای (۰/۵± ۰°C) و رطوبت نسبی (۵±۹۰٪) قرار گرفتند. روز صفر و طی مدت نگهداری (حدود ۸ هفته)، هر هفته، آزمون‌های میکروبی شمارش‌کلی (با استفاده از محیط کشت PDA[1]) و شمارش‌کلی کپک‌ها و مخمرها در فرآورده‌های با فعالیت آبی (aw) بیشتر از ۰/۹۵ در محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA[2]) انجام گرفت. تمام مراحل خرد کردن نمونه، رقت‌سازی و کشت آزمون‌های میکروبی زردآلو زیر هود و در شرایط کاملا استریل و در حضور شعله بود. برای اطمینان از وجود لایه پوششی روی میوه زردآلو، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[3]، مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس[4]، تصاویر نمونه‌ها تهیه شد.

### - تجزیه و تحلیل آماری

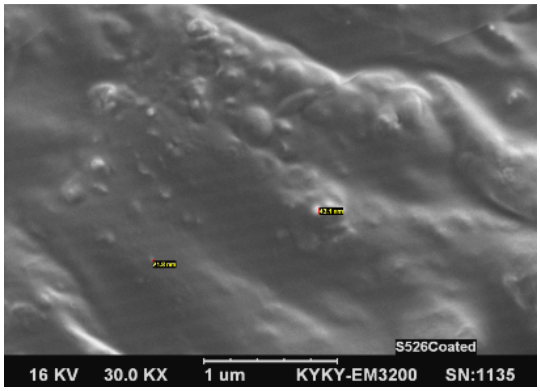
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر اساس عوامل مورد آزمون یعنی استفاده از تکنولوژی نانو (عامل $X_1$) در سه سطح (پوشش نانوامولسیون‌کیتوزان، ظروف بسته‌بندی آغشته به نانوکیتوزان، و شاهد)؛ رقم زردآلو (عامل $X_2$) در دو سطح (چین‌کلاغی (۵۲۶) و ۵۸- شاهرود (۵۱۰))؛ و مدت زمان نگهداری (عامل $X_3$) در هشت سطح (روز صفر، پایان هفته‌های اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم) مطالعه گردید. تحلیل آزمون میکروبی مورد اندازه‌گیری در سه تکرار برای هر یک از ارقام بوسیله تجزیه واریانس چندطرفه[5] داده‌ها بر اساس طرح فاکتوریل در قالب کاملا تصادفی با استفاده از نرم افزار مطلب نسخه R2009a و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ( Microsoft Office Excel 2007) انجام گرفت.

## یافته‌ها

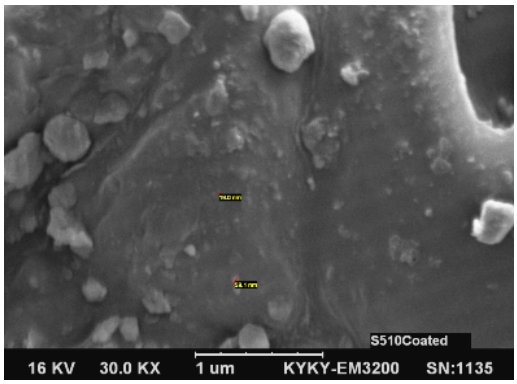
تصاویر SEM، جزییات بیشتری از اثر ذرات پوشش نانوامولسیون را روی زردآلو نشان داد. شکل ۲ و شکل ۴، به ترتیب تصاویری از نمونه‌های مربوط به شاهد رقم ۵۲۶ و رقم ۵۱۰ است. به دلیل این که پوششی روی سطح نمونه‌های مربوط به شاهد را فرا نگرفته است، بافت آن نسبتا تخریب شده و فرسایش بافت به خوبی روی آن مشهود می‌باشد. شکل ۳ و شکل ۵، به ترتیب تصاویر نمونه‌های مربوط به زردآلو پوشش‌دار ارقام ۵۲۶ و ۵۱۰ را نشان می‌دهد. مطابق این تصاویر، نانوامولسیون روی زردآلو به خوبی قرار گرفته است. در سطوح بررسی شده نمونه هیچ فرسایش و ترک‌خوردگی مشاهده نمی‌شود که ناشی از عملکرد خوب نانو پوشش روی آن می‌باشد. همچنین اندازه ذرات با نشانگر مشخص می‌کند که ذرات نانوامولسیونی با اندازه ۲۱/۸ و ۴۳/۱ نانومتر در شکل ۳ و اندازه ۱۹ و ۵۹/۱ نانومتر در شکل ۵ مشاهده می‌شود.




**شکل۲- نمونه ۵۲۶ شاهد**

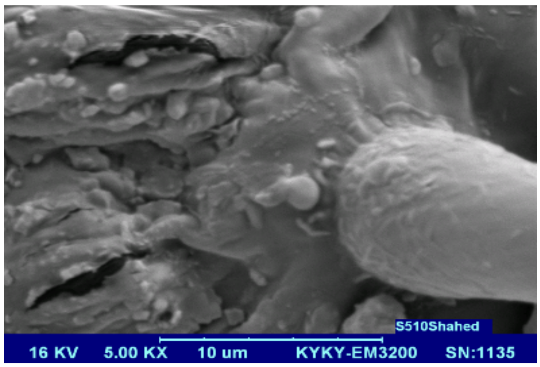



**شکل ۳- نمونه پوشش‌دار ۵۲۶ با اندازه ذرات ۲۱/۸ و ۴۳/۱ نانومتر**




**شکل ٤- نمونه شاهد رقم ۵۱۰**

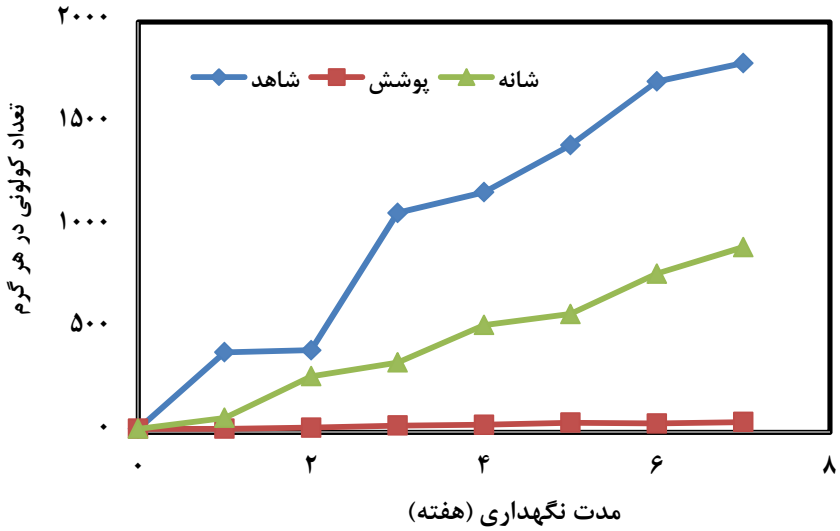
[1] Potato Dextrose Agar [2] *Plate* Count *Agar* [3] Scanning Electron Microscope [4] Philips
[5] N-way ANOVA (Analysis of variance)



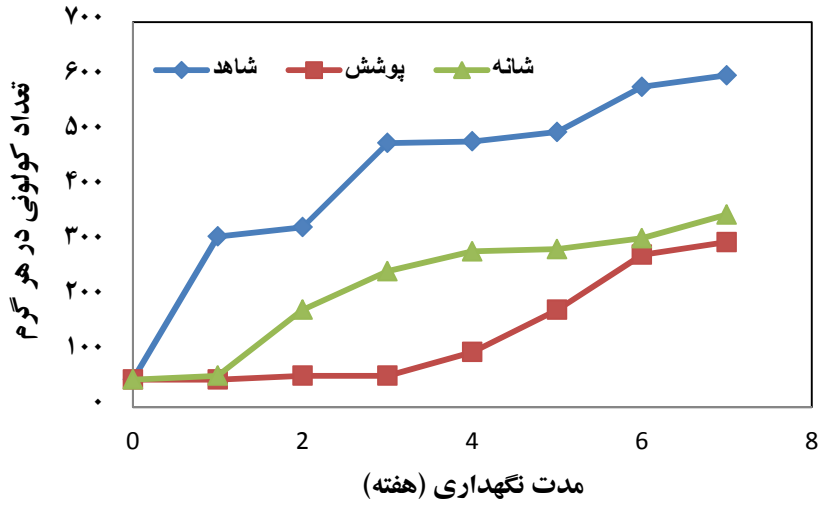

**شکل ۵- نمونه پوشش‌دار ۵۱۰ با اندازه ذرات ۱۹ و ۵۹/۱ نانومتر**

نمودارهای ۱و ۲ به ترتیب داده‌های مربوط به شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (cfu[1] در هر گرم از نمونه) در رقت ۰/۱ هریک از نمونه‌های شاهد، پوشش‌دار و داخل شانه رقم ۵۲۶ (۵۸-شاهرود) و رقم ۵۱۰ (چین‌کلاغی) را طی مدت نگهداری نشان می‌دهد. جدول ۱ تجزیه واریانس اثر زمان نگهداری و نوع پوشش در شمارش‌کلی دو رقم میوه زردآلو را نشان می‌دهد.

نمودارهای ۳ و ۴ به ترتیب داده‌های مربوط به شمارش کلی کپک و مخمر سه تکرار از رقت ۰/۱ هریک از نمونه‌های شاهد، پوشش‌دار و داخل شانه رقم ۵۲۶ (۵۸-شاهرود) و رقم ۵۱۰ (چین‌کلاغی) را طی مدت نگهداری نشان می‌دهد.




**نمودار ۱- شمارش کلی میکروبی تیمارهای مختلف رقم ۵۲۶**




**نمودار ۲- شمارش کلی میکروبی تیمارهای مختلف رقم ۵۱۰**

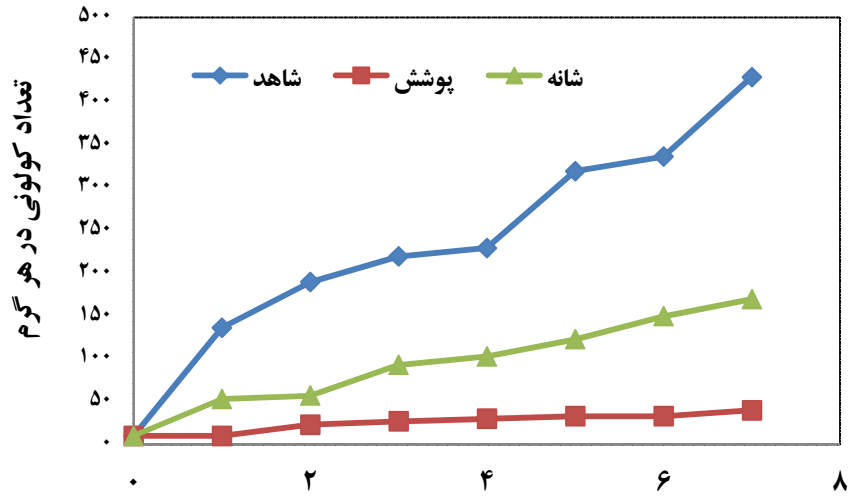
[1] *Colony-Forming Unit (CFU)*

**جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نوع پوشش و زمان نگهداری در ارزیابی شمارش کلی دو رقم زردآلو**

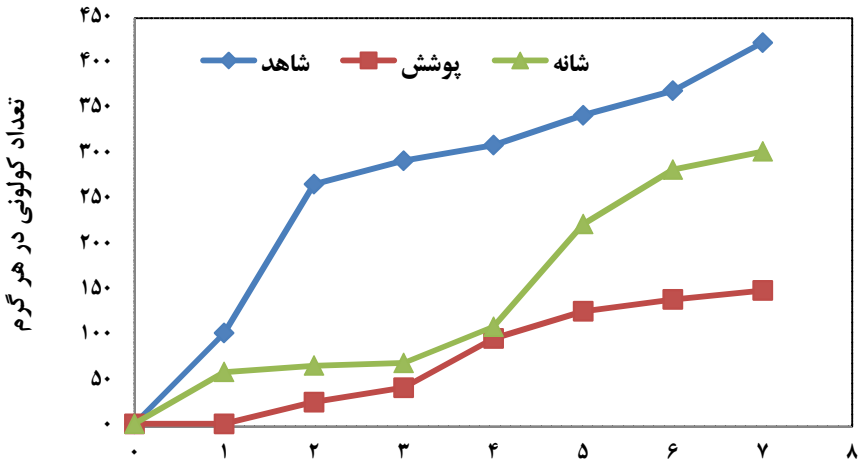
| منابع | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | عددF | سطح احتمال بزرگتر از F |
|---|---|---|---|---|---|
| پوشش ($X_1$) | ۳۵۹۶۲۷۱/۸ | ۲ | ۱۷۹۸۱۳۵/۹ | ۲۴/۴۷ | ۰/۰۰۰۰ ** |
| رقم ($X_2$) | ۷۵۶۸۳۴/۴ | ۱ | ۷۵۶۸۳۴/۴ | ۱۰/۳ | ۰/۰۰۳ ** |
| زمان نگهداری ($X_3$) | ۱۳۵۵۲۳۶/۱ | ۶ | ۲۲۵۸۷۲/۷ | ۳/۰۷ | ۰/۰۱۷۲ * |
| خطا | ۲۳۵۱۲۰۸/۲ | ۳۲ | ۷۳۴۷۵/۳ | | |
| کل | ۸۰۵۹۵۵۰/۵ | ۴۱ | | | |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪،

* معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪




**نمودار۳- شمارش کلی کپک و مخمر تیمارهای مختلف رقم ٥٢٦**




**نمودار ٤- شمارش کلی کپک و مخمر تیمارهای مختلف رقم ٥١٠**

همان‌طور که جدول تجزیه واریانس اثر زمان نگهداری و نوع پوشش در شمارش‌کلی کپک و مخمر دو رقم میوه زردآلو (جدول ۲) نشان می‌دهد هر سه عامل پوشش، رقم، و زمان نگهداری در سطح ۱٪ از نظر شمارش‌کلی کپک و مخمر موثر هستند و بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوع پوشش و زمان نگهداری در ارزیابی شمارش کلی کپک و مخمر دو رقم زردآلو**

| منابع | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | عددF | سطح احتمال بزرگتر از F |
|---|---|---|---|---|---|
| پوشش ($X_1$) | ۳۷۸۰۰۳ | ۲ | ۱۸۹۰۰۱/۵ | ۱۰۲/۱۴ | ** ۰/۰۰۰۰ |
| رقم ($X_2$) | ۲۴۴۳۲/۶ | ۱ | ۲۴۴۳۲/۶ | ۱۳/۲ | ** ۰/۰۰۱ |
| زمان نگهداری ($X_3$) | ۱۶۶۸۳۰/۳ | ۶ | ۲۷۸۰۵ | ۱۵/۰۳ | **۰/۰۰۰۰ |
| خطا | ۵۹۲۱۶/۲ | ۳۲ | ۱۸۵۰/۵ | | |
| کل | ۶۲۸۴۸۲/۱ | ۴۱ | | | |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪

## بحث

بر اساس داده‌های مربوط به شمارش‌کلی میکروارگانیسم‌ها در رقت ۰/۱ هریک از نمونه‌های شاهد، پوشش‌دار و داخل شانه رقم ۵۲۶ طی مدت نگهداری(نمودار ۱)، تعداد کولونی در هرگرم میوه در روز صفر برابر ۱۷ بوده است که در پایان دوره به ترتیب برای تیمار شاهد، پوشش‌دار، و شانه به ۵۰،۱۸۰۰ و ۹۰۳ افزایش پیدا می‌کند. همان‌طور که نمودار ۲ نشان می‌دهد برای رقم ۵۱۰ نیز تعداد کولونی در هرگرم میوه در روز صفر برابر ۵۰ بوده است که در پایان دوره برای تیمار شاهد، پوشش‌دار و شانه به‌ترتیب به ۶۰۳، ۳۰۰ و ۳۵۰ می‌رسد. بنابراین، پوشش و شانه هر دو در کاهش بار میکروبی نسبت به شاهد موثر بوده‌اند. این نتیجه، با نظر دیوتا و همکاران (Dutta, *et al*., 2009) مطابقت دارد که یکی از ویژگی‌های مطلوب کیتوزان را فعالیت ضد میکروبی آن می‌دانند و آن را به عنوان یک ماده بسته‌بندی موثر برای حفظ کیفیت انواع ماده غذایی می‌شناسند. همچنین، قوچق و موسوی (۱۳۸۰)، طی مطالعه اثر شرایط مختلف فعالیت ضد باکتریایی کیتوزان روی باکتری اشریشیاکلی، متوجه شدند که کیتوزان اثر مهارکنندگی روی این باکتری دارد. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نیز تایید می‌کند که بین عامل پوشش و رقم در سطح ۱٪ و برای زمان نگهداری در سطح ۵٪ از نظر شمارش‌کلی تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

داده‌های مربوط به شمارش کلی کپک و مخمر سه تکرار از رقت ۰/۱ هریک از نمونه‌های شاهد، پوشش‌دار و داخل شانه رقم ۵۲۶ طی مدت نگهداری (نمودار ۳)، نشان می‌دهد که تعداد کولونی در هر گرم میوه زردآلو در روز صفر برابر ۱۰ می‌باشد که در پایان دوره به ترتیب برای تیمار شاهد، نمونه‌های پوشش‌دار، و شانه به ۴۳۰، ۴۰، و ۱۷۰ افزایش پیدا می‌کند. بنابراین، پوشش و شانه هر دو در کاهش بار کپک و مخمر نسبت به شاهد موثر بوده‌اند. نمونه‌های دارای پوشش نانو کیتوزان نسبت به روز صفر، سرعت افزایش آلودگی نمونه ها نسبت به شاهد را کاهش داده‌اند. برای رقم ۵۱۰ نیز تعداد کولونی در هرگرم میوه در روز صفر از ۳ به ۴۲۳، ۱۵۰، و ۳۰۳ به ترتیب برای تیمار شاهد، پوشش و شانه در پایان دوره می‌رسد (نمودار ۴). در اینجا نیز، پوشش و شانه هر دو (پوشش بیشتر از شانه) در کاهش بار کپک و مخمر میوه زردآلو نسبت به شاهد موثر بوده‌اند. این نتیجه، با نظر دیوتا و همکاران (Dutta, *et al*., 2009) مطابقت دارد که یکی از ویژگی‌های مطلوب کیتوزان را فعالیت ضد میکروبی آن می‌دانند.

## نتیجه‌گیری

اختلاف معنی‌دار بین خواص میکروبی اندازه‌گیری شده زردآلو، نشان دهنده تاثیر نوع بسته‌بندی و زمان نگهداری بر کیفیت میوه زردآلو است. از نظر شمارش‌کلی میکروبی، با این‌که تعداد کولونی در هرگرم میوه رقم ۵۲۶ و همچنین رقم ۵۱۰ طی مدت نگهداری برای تمامی تیمارهای شاهد، پوشش‌دار، و شانه افزایش پیدا می‌کند، نمونه‌های دارای پوشش نانو کیتوزان نسبت به روز صفر، سرعت افزایش آلودگی نمونه ها نسبت به شاهد را کاهش می‌دهد. مطابق جدول تجزیه واریانس اثر زمان نگهداری و نوع پوشش در شمارش‌کلی دو رقم میوه زردآلو بین عامل پوشش و رقم در سطح ۱٪ و برای زمان نگهداری در سطح ۵٪، از نظر شمارش‌کلی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. تعداد کولونی کپک‌ها و مخمرها در هر گرم میوه زردآلو رقم ۵۲۶ نشان می‌دهد که پوشش و شانه هر دو در کاهش بار کپک و مخمر نسبت به شاهد موثر بوده‌اند اما نمونه‌های دارای

پوشش نانو کیتوزان نسبت به روز صفر، نقش مهم‌تری در کاهش سرعت افزایش آلودگی کپک و مخمر نمونه‌ها دارند. برای رقم ۵۱۰ نیز پوشش و شانه هر دو (پوشش بیشتر از شانه) در کاهش بار کپک و مخمر میوه زردآلو نسبت به شاهد موثر بوده‌اند. هر سه عامل پوشش، رقم، و زمان نگهداری در سطح ۱٪ از نظر شمارش‌کلی کپک و مخمر موثر هستند و بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بررسی ریخت شناسی نمونه‌ها با SEM نشان می‌دهد که نمونه‌های شاهد هر دو رقم دارای سطح تخریب شده هستند اما تصاویر نمونه های پوشش‌دار نشان می‌دهد که نانوامولسیون روی زردآلو به خوبی قرار گرفته است و در سطح نمونه هیچ فرسایش و ترک خوردگی مشاهده نمی‌شود که ناشی از عملکرد خوب نانو پوشش روی آن می‌باشد. همچنین اندازه ذرات اندازه‌گیری شده بیانگر آن است که امولسیون تهیه شده در اندازه نانویی می‌باشد.

به طورکلی، می‌توان گفت از آنجایی که زردآلو به دلیل داشتن بافتی بسیار نرم، نسبت به ضربه و فشارهای فیزیکی حساس است، استفاده از کیتوزان به عنوان فیلم یا پوشش خوراکی برای افزایش عمر ماندگاری آن امکان‌پذیر است. کیتوزان به عنوان یک منبع تجدید شونده، و به دلیل دارا بودن خواص ضد باکتریایی و غیرسمی بودن از طرفی و خواص فیزیکی و شیمیایی مناسب در حفظ کیفیت زردآلو از نظر فساد خوب عمل کرده است و به طور موفقی برای کاربردهایی چون بسته‌بندی پیشنهاد می‌شود.



## منابع


بی نام. (۱۳۹۰). نتایج طرح آمارگیری نمونه‌ای محصولات باغی سال ۱۳۹۰. تهران: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

قوچق، د. و موسوی، س. ا. (۱۳۸۰). بررسی شرایط مختلف فعالیت ضد باکتریایی چیتوزان روی اشریشیا کلی. نشریه پزشکی یاخته، سال سوم، شماره ۱۲، ۱۸۸–۱۸۵.

مستوفی، ی.، دهستانی اردکانی، م. و رضوی، س. ه. (۱۳۹۰). اثر چیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاهرودی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۳۰.

Bautista-Banos S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-del Valle, M. G., Hernandez-Lo pez, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E. & Wilson, C. L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection, 25, 108-118.

Dutta, P. K., Dutta, J. & Tripathi, V. S. (2004). Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. Journal of Seintific & Industrial Research, 63, 20-31.

Dutta, P. K., Tripathi, S. H., Mehrotra, G. K. & Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. Food Chemistry, 114 (4), 1173-1182.

Flores, S., Haedo, S. & Campos, C. (2007). Antimicrobial performance of potassium sorbate supported in tapioca starch edible films. Food Res. Technol, 225, 375-384.

Franssen, L. R., Rumsey, T. R. & Krochta, J. M. (2004). Whey protein film composition effects on potassium sorbate and natamycin diffusion. J. of Food Sci., 69(5), 347-353.

Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Sonmete, M. H. & Ozbek, O. (2005). Some physical and chemical parameters of wild medlar (*Mespilus germanica L.*) fruit grown in Turkey. J. of Food Eng., 69, 1-7.

Janick, J. & Paull, E. R. (2008). The Encyclopedia fruits and nuts. CABI.

Justino, G. C., Santos, M. R., Canário, S., Borges, C., Florêncio, M. & Mira, L. (2004). Plasma quercetin metabolites: structure-antioxidant activity relationships. Archives of Biochemistry and Biophysics, 432, 109-121.

Ozbek, S. (1978). Special Horticulture. C.U. Faculty of Agriculture no.128, Adana, Turkey.

Park, S. I., Daeschel, M. & Zhao, Y. (2004). Functional properties of antimicrobial lysozyme-chitosan composite films. J. of Food Sci, 69(8), 215-221.

Ricardo, D., Andrade, O. & Fernando, A. O. (2012). Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11 (3), 323–337.

Yildiz, F. (1994). New technologies in apricot processing. Journal standard, Apricot Special Issue, Ankara, 8, 67-69.

Yu, L., Dean, K. & Li, L. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. Progress in Polymer Science, 31, 576–602.