

نشریه فنی:

کاربرد پوشش های زیست تخریب پذیر پکتین و
کیتوزان در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت انجیر
فراوری شده نیمه مرطوب

مریم شاه امیریان و ندا مفتون آزاد



بسم الله الرحمن الرحيم
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

کاربرد پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر پکتین و
کیتوزان در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت انجیر
فراوری شده نیمه مرطوب

تهیه و تدوین:

مریم شاهامیریان و ندا مفتون‌آزاد
اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع
طبیعی استان فارس

سال انتشار:

۱۴۰۴



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: نشریه فنی
عنوان نوشتار: کاربرد پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر پکتین و کیتوزان در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت انجیر فراوری شده نیمه مرطوب
نگارندگان: مریم شاه‌امیریان و ندا مقتون‌آزاد
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: شبنم جباری
طراح جلد: سمیه وطن‌دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۴



مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ۶۸۰۴۱ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

مخاطبان نشریه

کارشناسان و بهره برداران صنایع غذایی

هدفهای آموزشی

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- اهمیت انجیر و ضایعات آن
 - انجیر نیمه مرطوب و مشکلات کیفی آن
 - پوشش های خوراکی
 - تاثیر پوشش های خوراکی زیست تخریب پذیر بر کیفیت انجیر نیمه مرطوب
- آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	فراوری انجیر
۲	انجیر نیمه مرطوب (پرسی)
۴	پوشش های خوراکی
۷	تهیه انجیر نیمه مرطوب و پوشش دهی آن
۸	ویژگی های انجیر نیمه مرطوب پوشش دار در دوره نگهداری
۱۱	نتیجه گیری
۱۲	منابع

مقدمه

انجیر به تیرهٔ توت تعلق دارد. این تیره ۶۰۰ جنس و احتمالاً بیش از ۲۰۰۰ گونهٔ گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خزان‌کننده و همیشه سبز به‌صورت درخت، درختچه و علفی را شامل می‌شود. ارتفاع درخت انجیر به ۸-۱۰ متر می‌رسد، ولی بعضی گونه‌ها ارتفاعشان تا ۲۵ متر هم می‌رسد (دوناس^۱ و همکاران ۲۰۰۸).

بیش از ۸۵ درصد از تولید انجیر کشور دیم و کمتر از ۱۵ درصد دیگر آبی است که بیشترین تولید انجیر دیم کشور در استان‌های فارس، لرستان و کرمانشاه و سمنان است (مهدویان، ۱۳۸۶)

انجیر از نظر انرژی و ارزش غذایی اهمیت ویژه‌ای دارد. این میوه حدود ۷۰-۶۵ درصد قند دارد و میوه‌ای انرژی‌زا محسوب می‌شود (هر ۱۰۰ گرم انجیر خشک حدود ۲۷۰ کالری انرژی دارد) و مقادیر قابل توجهی ویتامین (A, B₁, B₂, C) و املاح (آهن، کلسیم، منیزیم و مس)، فیبر و ترکیبات فنلی در آن یافت می‌شود (وبریک^۲ و همکاران ۲۰۰۸؛ دیماز^۳ و همکاران ۲۰۰۵؛ لانسکی و پاولاینن^۴ ۲۰۱۱).

میزان تولید انجیر در استان فارس ۳۸۰۰۰ تن در سال است (آمارنامه ۱۴۰۱) و شهرستان استهبان یکی از قطب‌های مهم صادرات انجیر در دنیا است، بیش از ۸۰ درصد انجیر خشک استهبان به چین، مالزی، سنگاپور، کره جنوبی، ژاپن، فرانسه، آلمان، لیبی و هنگ‌کنگ صادر می‌شود. اکثر مردم این شهرستان بصورت مستقیم و غیرمستقیم در فعالیت‌هایی مانند نگهداری باغ‌های انجیر دیم و فعالیت‌های جانبی مشغول هستند. از آنجا که اقتصاد و معیشت این شهرستان بر پایهٔ کشاورزی و باغداری است، بنابراین هرگونه کاهش تولید این محصول و ضایع شدن آن رونق اقتصادی کشاورزان شهرستان استهبان را دگرگون می‌کند (فقیه و ثابت سروستانی، ۱۳۸۰). با توسعهٔ صادرات محصولاتی مانند انجیر که تولید آن‌ها از نظر شرایط اقلیمی و اقتصادی دارای مزیت نسبی است، بخشی از ارز مورد نیاز کشور

¹ Dueñas

² Veberic

³ Doymaz

⁴ Lansky and Paavilainen

از طریق این کالاها تامین می‌شود. صادرات این کالا مستلزم بهبود کیفیت و رفع مشکلات این محصول در جهت افزایش پذیرش آن توسط کشورهای واردکننده آن و صادرات آن انجیر است. رقم غالب انجیر در استهبان رقم سبز است که بصورت خشک مصرف یا به دیگر شهرها یا کشورهای دیگر صادر می‌شود. در ایران میوه انجیر بیشتر بصورت تازه یا خشک مصرف می‌شود. میوه‌های رسیده و آبدار در بعضی ارقام که خشک آن‌ها مطلوب نیست بصورت تازه مصرف می‌شوند (فقیه و ثابت سروستانی، ۱۳۸۰).

فراوری انجیر

انجیر تازه میوه‌ای بسیار فسادپذیر با ماندگاری بسیار کوتاه (۷ تا ۱۰ روزه) است. با ترکیب شرایط سرما و استفاده از اتمسفر غنی‌شده با دی‌اکسیدکربن می‌توان انجیر را ۲-۴ هفته ذخیره کرد. به همین دلیل انجیر بیشتر بصورت خشک استفاده می‌شود و خشک کردن متداول‌ترین روش نگهداری انجیر است (وبریک و همکاران ۲۰۰۸؛ آدیلتا^۱ و همکاران ۲۰۲۲). در استان فارس این محصول فراوری شده (به صورت انجیر نیمه مرطوب) یا در محصولات غذایی مختلف استفاده می‌شود مانند شربت، مربا، سرکه، مسقطی، بیسکویت، کیک، کلوچه و پودر انجیر. این محصولات به کشورهای هند، چین، ژاپن، ویتنام، کره جنوبی و کشورهای حوزه جنوبی خلیج فارس صادر می‌شود (شاهامیریان، ۱۳۹۷).

انجیر نیمه مرطوب (پرسی)

یکی از فرآورده‌هایی که از انجیر تهیه می‌شود، انجیر نیمه مرطوب (پرسی) یا فرآیندشده است. انجیر فرآیند شده عبارت است از محصولی از انجیر که طی مراحل مختلف فرآوری تغییراتی در آن پدید آید به نحوی که رطوبت آن تا ۲۲ درصد افزایش یابد و دارای بافت نرم

و یکسان شود (شکل ۱). این نوع انجیر معمولاً از گونهٔ فیکوس کاریکا^۱ و رقم سبز تهیه می‌شود (بی نام ۱۳۸۳).



شکل ۱- انجیر نیمه مرطوب (پرسی) با کیفیت مطلوب

انجیر نیمه مرطوب (پرسی) محصول جدیدی است که از انجیر خشک به دست می‌آید و در طبقه بندی مواد غذایی در گروه محصولات غذایی با رطوبت متوسط طبقه بندی می‌شود (انصاری و همکاران، ۱۳۹۶). افزایش مقدار رطوبت انجیر خشک موجب افزایش بازارپسندی این محصول می‌شود. به دلیل افزایش فعالیت آبی، انجیرهای مرطوب ماندگاری کوتاهی دارند و در مدت زمان کوتاهی دچار فساد فیزیکی، شیمیایی یا میکروبی و بیشتر آلودگی قارچی می‌شوند به طوری که پس از گذشت چند ماه رنگ به قهوه‌ای تیره تبدیل خواهند شد (شکل ۲). این مسئله باعث ضایع شدن محصول، کاهش بازارپسندی و کاهش پذیرش توسط کشورهای واردکننده آن می‌گردد (جلیلی، ۱۳۸۲). با توجه به اهمیتی که این محصول برای صادرات و ایجاد درآمد برای باغداران منطقه استهبان دارد، کنترل فرایند قهوه‌ای شدن،

¹ *Ficus carica*

افزایش کیفیت، و پایداری محصول فوق در برابر فسادهای شیمیایی و میکروبی بسیار ضروری است و از ضایعات انجیر جلوگیری می‌کند (مفتون آزاد و شاه امیریان، ۱۴۰۲).



شکل ۲- انجیر نیمه مرطوب (پرسی) دارای کیفیت پایین

پوشش‌های خوراکی

پوشش خوراکی لایه‌ای نازک از مواد خوراکی است که به‌عنوان محافظ بر سطح مواد غذایی تشکیل و جزیی از آن ماده غذایی محسوب می‌شود، روی محصول باقی می‌ماند، و می‌تواند همراه با ماده غذایی مصرف گردد. توسعه پوشش‌های خوراکی در دهه‌های اخیر با رشد چشمگیری همراه بوده‌است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده با توسعه فناوری تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت محصولات غذایی داشته باشد. از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌توان به‌جای بسته‌بندی‌های سنتزی استفاده کرد به‌گونه‌ای که نقش بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر دوستدار محیط‌زیست یا یک پوشش محافظ سطحی بر روی ماده غذایی را ایفا کنند (کالوس^۱ و همکاران ۲۰۲۰).

پوشش‌های خوراکی می‌توانند افت رطوبت سطحی، جذب رطوبت، اکسیداسیون مواد، از دست‌دادن عطر، جذب روغن هنگام سرخ‌کردن، رسیدن یا پیری محصولات و فساد میکروبی را به تأخیر بیندازند. پوشش‌های خوراکی به حفظ کیفیت بصری، صافی و یکدستی سطح، عطر و طعم، ویژگی‌های رنگی محصول و دیگر عواملی مرتبط با بازاریابی و مشتری‌پسندی کمک می‌کنند. این پوشش‌ها با ایجاد نقش محافظتی در محصولات غذایی، ماندگاری آنها

¹Galus

را افزایش و احتمال آلودگی با مواد خارجی را کاهش می‌دهند (سوپوت^۱ و همکاران ۲۰۱۵). پوشش خوراکی مانع خوبی در برابر گازها است، مانند بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته عمل می‌کند، و با کنترل اتمسفر درون بسته‌بندی سبب حفظ کیفیت و کمیت محصول در دوره نگهداری محصول می‌شود (بال^۲، ۲۰۱۳).

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی معمولاً بر اساس مواد ساختاری طبقه‌بندی می‌شوند (فالگورا^۳، ۲۰۱۱). پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها (مشتق شده از منابع گیاهی و دامی)، لیپیدها و محصولات میکروبی مانند پلی‌هیدروکسی بوتیرات و پلی‌لاکتیک اسید از مهم‌ترین پلیمرهایی هستند که برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شوند، این مواد افزون بر زیست تخریب‌پذیر بودن و سازگار بودن با محیط زیست در حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی هم موثر هستند (زاهدی^۴، ۲۰۱۸ و جیواهان^۵ و همکاران ۲۰۲۰).

پلی‌ساکاریدها یکی از ترکیبات مهم برای تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی‌اند اما در برابر عبور رطوبت عایقی ضعیف هستند (فالگورا، ۲۰۱۱). مهم‌ترین پلی‌ساکاریدهایی که در تشکیل فیلم و پوشش خوراکی به کار می‌روند شامل نشاسته و مشتقات آن، کیتوزان، پکتین، سلولز و مشتقات آن، انواع صمغ‌ها و ... هستند (سوپوت و همکاران ۲۰۱۵). برای پوشش‌دهی انجیر نیمه‌مرطوب از پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر کیتوزان و پکتین استفاده شد که در ادامه ویژگی‌های آن توضیح داده می‌شود.

¹ Šuput

² Bal

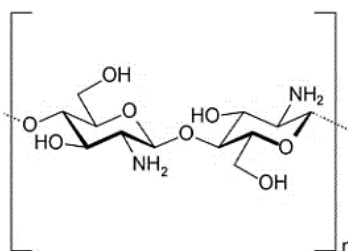
³ Falguera

⁴ Zahedi

⁵ Jeevahan

کیتوزان

کیتوزان (β -(1,4)-2-amino-2-deoxyD-glucose) یکی از رایج‌ترین و پرکاربردترین ترکیباتی است که به عنوان پوشش خوراکی استفاده می‌شود (شکل ۳). کیتوزان، محصول جانبی ضایعات پوسته سخت پوستان است، پلی‌ساکاریدی کاتیونی با وزن مولکولی بالا که معمولاً با دی‌استیلاسیون قلیایی کیتین به دست می‌آید (جیانگ و لی^۱، ۲۰۰۱ و چا و چینان^۲، ۲۰۰۴). کیتین ماده‌ای سخت با ساختار کریستالی و سفید رنگ و ماده اصلی پوسته جانوران دریایی مانند میگو و انواع خرچنگ دریایی است. کیتین بعد از سلولز فراوان‌ترین پلیمر طبیعی است. کیتوزان پلی‌ساکاریدی طبیعی است که به دلیل سازگاری زیستی بالا، زیست تخریب پذیری و غیرسمی بودن مصارف خوراکی متعددی از جمله کاربرد به عنوان پوشش خوراکی دارد. این ماده اثر ضد میکروبی روی انواع میکروارگانیسم‌ها دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که پوشش‌های خوراکی بر پایه کیتوزان می‌توانند روشی نوآورانه و موثر برای افزایش کیفیت و عمر پس‌از برداشت محصولات مختلف باشند (رینودو^۳، ۲۰۰۶ و آدیلتا و همکاران^۴، ۲۰۲۲ و رومانازی و موومنی^۵، ۲۰۲۲).



شکل ۳- ساختار کیتوزان

پکتین

پکتین نیز یکی از مهم‌ترین پلی‌مرهای زیست تخریب‌پذیر در طبیعت است. تقاضا برای تولید و علاقه به مصرف این پلی‌ساکارید روز به روز در حال افزایش است (والدس^۵ و

¹Jiang & Li

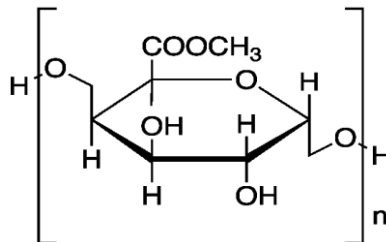
² Cha & Chinnan

³ Rinaudo

⁴ Romanazzi & Moumni

⁵ Valdés

همکاران^۱ (۲۰۱۵). پکتین از مشتقات کربوهیدرات‌هاست. این ماده پلی‌ساکاریدی است طبیعی که از واحدهای اسید گالاکتورونیک^۱ ساخته شده است. این واحدها از طریق اتصالات گلیکوزیدی آلفا ۱ و ۴ به هم متصل شده‌اند و بر اثر متانول در برخی نقاط زنجیره پلیمری، حالت استری پیدا کرده‌اند. پکتین پلی‌ساکاریدی پیچیده با وزن مولکولی بالا و انحلال‌پذیر در آب است (شکل ۴). پکتین ترکیبی است مهم که در دیواره سلولی گیاهان یافت می‌شود و به روش‌های مختلف از منابعی مانند ضایعات و پسماندهای صنعتی کارخانه‌های صنایع غذایی از جمله تفاله سیب، پوست مرکبات و تفاله چغندر قند و سر (طبق) آفتابگردان استخراج و خالص‌سازی می‌شود (مصباحی^۲ و همکاران^۳ ۲۰۰۵؛ آدتونجی^۳ و همکاران^۳ ۲۰۱۷). پوشش‌های خوراکی پکتین علاوه بر زیست تخریب‌پذیر بودن و سازگار بودن با محیط زیست، عایق خوبی در برابر ورود اکسیژن و خروج دی اکسید کربن از بافت میوه است و همچنین افت رطوبت را به تأخیر می‌اندازد و در نتیجه سبب حفظ ویژگی‌های حسی و کیفی محصول می‌شود (فالگورا، ۲۰۱۱؛ اسپیتیا^۴ و همکاران^۴ ۲۰۱۴ و والدس و همکاران^۴ ۲۰۱۵).



شکل ۴- واحد سازنده پکتین

تهیه انجیر نیمه مرطوب و پوشش‌دهی آن

ابتدا انجیر نیمه مرطوب با رطوبت ۲۳-۱۸ درصد تهیه می‌شود. برای این کار نمونه‌های انجیر در آب با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۳-۴ دقیقه قرار داده می‌شوند. پس از این مدت انجیر از آب خارج و به دمای محیط رسانده می‌شود. در ادامه چهار فرمولاسیون از

¹galacturonic acid

²Mesbah

³Adetunji

⁴Espitia

محلول‌های پوشش‌دهی شامل (پکتین ۳درصد، کیتوزان ۱درصد، پکتین ۳درصد+ ۵۰ درصد گلیسرول، و کیتوزان ۱درصد+ ۵۰درصد گلیسرول) تهیه می‌گردد. در مرحله بعد انجیرهای مرطوب تهیه‌شده در پوشش‌های خوراکی تهیه شده به مدت ۱ دقیقه غوطه‌ور و سپس از محلول خارج و در دمای محیط خشک می‌گردند. انجیرهای نیمه‌مرطوب پوشش‌دار در کیسه‌های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن بسته‌بندی و به منظور متعادل شدن رطوبت، نمونه‌ها به مدت ۳ روز در این کیسه‌ها نگهداری می‌شوند. تغییرات نمونه‌های انجیر پوشش داده شده طی مدت زمان نگهداری در زیر شرح داده می‌شود.

ویژگی‌های انجیر نیمه‌مرطوب پوشش‌داده شده در دوره نگهداری رنگ

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی مواد غذایی پیش و پس از فراوری است و تاثیر زیادی بر ظاهر و پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده دارد. تغییر رنگ محصول در نتیجه واکنش‌های متعدد مانند قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و تخریب رنگدانه‌هاست که موجب افت کیفیت و بازار پسندی محصول می‌شود. افزایش فاکتور رنگی a در نمونه‌های خشک معیاری از قهوه‌ای شدن نمونه‌هاست (آویلا و سیلوا^۱ ۱۹۹۹). استفاده از پوشش‌های خوراکی (پکتین، کیتوزان به همراه گلیسرول) سبب بهبود رنگ نمونه‌های انجیر نیمه‌مرطوب نسبت به نمونه شاهد (بدون پوشش) می‌گردد. استفاده از این پوشش‌ها به دلیل جلوگیری از ورود اکسیژن به بافت محصول سبب کاهش واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و کاهش تغییرات رنگ می‌شوند و بنابراین ویژگی‌های ظاهری محصول را بهبود می‌دهد. پوشش کیتوزان، نسبت به پکتین، در بهبود رنگ موثرتر است و رنگ نمونه‌ها بهتر می‌شود (شکل ۵) (شاهامیریان و همکاران ۱۳۹۷). شربت گلوکز و شربت ساکارز (۵۰ درصد) نیز در کنترل قهوه‌ای شدن انجیر موثرند (مفتون آزاد و همکاران ۱۳۹۸).

¹Avila &Silva



شکل ۵- انجیر نیمه مرطوب پوشش دار با محلول (۱ درصد کیتوزان + ۵ درصد گلیسرول)

رطوبت

با گذشت زمان، به دلیل تبخیر آب، رطوبت در تمام نمونه‌های انجیر نیمه مرطوب کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش در نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) مشاهده می‌شود (شکل ۶) اما با توجه به اینکه پوشش‌های خوراکی عامل مهمی در حفاظت محصول در برابر افت رطوبت و حفظ ظاهر جذاب محصول هستند، در نمونه‌های پوشش دار افت رطوبت کمتر از نمونه‌های شاهد دیده شده است و کیفیت محصول حفظ می‌شود (بالدوین^۱ و همکاران ۱۹۹۵؛ شاه امیریان و همکاران ۱۳۹۷).



شکل ۶- انجیر نیمه مرطوب بدون پوشش (نمونه شاهد)

¹Baldwin

بافت

با گذشت زمان و از دست‌دادن رطوبت، استحکام و سفتی بافت در تمام تیمارهای انجیر نیمه‌مرطوب افزایش می‌یابد. اما سفتی بافت در نمونه شاهد بیشتر از سایر نمونه‌های پوشش‌دار با پکتین و کیتوزان به همراه گلیسرول دیده شده است (شکل ۷) (شاه‌امیریان و همکاران ۱۳۹۷). این امر نشان‌دهنده نقش پوشش‌های خوراکی در حفظ نرمی و بافت نمونه‌هاست. توانایی پوشش‌های خوراکی برای کنترل افت میزان رطوبت و بهبود کیفیت می‌توانند در نرمی بافت موثر باشد. گلیسرولی که به همراه پوشش‌ها استفاده شده است و نقش پلاستی-سایزر را دارد سبب نرم‌شدن بافت می‌گردد (سوزا^۱ و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسپیتیا و همکاران ۲۰۱۴).



شکل ۷- انجیر نیمه‌مرطوب پوشش‌دار (۳ درصد پکتین + ۵۰ درصد گلیسرول)

ویژگی‌های حسی

پوشش‌های خوراکی پکتین و کیتوزان با به‌تاخیر انداختن افت رطوبت، حفظ ویژگی‌های بافت نمونه‌های انجیر نیمه‌مرطوب، همچنین کاهش تغییرات فاکتورهای رنگی سبب حفظ ویژگی‌های کیفی و حسی محصول می‌شوند و از نظر طعم و مزه تفاوت آماری بین تیمارهای انجیر نیمه‌مرطوب پوشش‌دار و شاهد مشاهده نشده است که این امر خود یک نقطه قوت محسوب می‌شود که استفاده از پوشش‌های خوراکی فوق در غلظت‌های مورد استفاده اثر نامطلوب بر طعم و مزه محصول نهایی نداشته است، ضمن اینکه استفاده از این پوشش‌های

¹Souza

خوراکی در حفظ کیفیت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی محصول موثر است (شکل ۸). (شاه میریان و همکاران ۱۳۹۷).



شکل ۸- مقایسه ویژگی‌های ظاهری انجیر نیمه مرطوب پوشش‌دار (سمت راست) و بدون پوشش (سمت چپ)

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای کاهش ضایعات، افزایش بازار پسندی، و بالابردن ارزش صادراتی انجیر نیمه مرطوب استفاده از پوشش‌های خوراکی زیست تخریب‌پذیر مانند پکتین و کیتوزان است. استفاده از پوشش‌دهی با ترکیبات فوق سبب بهبود کیفیت انجیر نیمه مرطوب از نظر رنگ، بافت و دیگر ویژگی‌های ظاهری، حسی و ارگانولپتیکی (طعم و مزه) در دوره نگهداری می‌شود. با پوشش‌دهی انجیر نیمه مرطوب با ترکیبات طبیعی و ایمن گفته شده در بالا در غلظت مناسب، ضمن آنکه از مواد نگهدارنده شیمیایی استفاده نمی‌شود، می‌توان ماندگاری و کیفیت محصول را به میزان مناسب و قابل توجهی حفظ کرد.

منابع

- آمارنامه کشاورزی، (۱۴۰۱). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران.
- انصاری، سارا. حسینی، ابراهیم. مفتون آزاد، ندا. فرحناکی، عسگر. و اسدی، غلامحسین. (۱۳۹۶). بررسی رابطه میان شاخص قهوه ای شدن و میزان تشکیل هیدروکسی متیل فورفورال در انجیر نیمه مرطوب. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۹(۱)، ۹۳-۱۰۲.
- بی‌نام. (۱۳۸۳). استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۶۸. انجیر فرآیند شده. ویژگی‌های میکروبیولوژی. جلیلی، حسن. (۱۳۸۲). روش بهینه‌سازی تولید انجیر مرطوب جهت بهبود کیفیت محصول. گزارش نهایی، شماره ۸۰-۱۱-۰، کارگروه پژوهش، آمار و فناوری اطلاعات استان فارس.
- شاه‌امیریان، م.، مفتون آزاد، ن.، جوکار، ل.، و زارع، م. (۱۳۹۷). تاثیر استفاده از پوشش‌های کیتوزان، پکتین و پلاستی سایزر (گلیسرول) در کنترل قهوه‌ای شدن انجیر نیمه‌مرطوب. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت ۵۳۹۳۸.
- فقیه، حسین و ثابت سروستانی، جعفر. (۱۳۸۰). انجیر کاشت، داشت و برداشت. ناشر راه گشا. ۲۹۲ صفحه.
- مفتون آزاد، ندا، و شاه‌امیریان، مریم. (۱۴۰۲). مجله مدیریت پس از برداشت انجیر تازه. مجله مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی. دوره ۵، شماره ۸، صفحات ۱۲-۱.
- مفتون آزاد، ندا،، بدیعی، فوژان، و شاه‌امیریان، مریم. (۱۳۹۸). مطالعه روش‌های مختلف کنترل واکنش‌های قهوه‌ای شدن در انجیر پرسی (نیمه مرطوب) رقم سبز استهبان. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت ۵۶۴۰۷.
- مهدویان، مرتضی. (۱۳۸۶). میوه بهشتی. دهکده، گزیده اطلاع رسانی گروه جهاد، شماره ۱۱۰.
- Adetunji, L. A., Adecunle, A., Orsat, V. & Raghavan, V. (2017). Advances in pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids*, 62, 239-250.
- Adiletta, G., Zampella, L., Coletta, C., and Petriccione, M. (2022). Chitosan coating to preserve the qualitative traits and improve antioxidant system in fresh figs (*Ficus carica* L.). *Agriculture* 9:84. doi: 10.3390/agriculture9040084

- Avila, I.M.L.B., and Silva, C.L.M. (1999). Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *Journal of Food Engineering*, 39, 161-166.
- Bal, E. (2013). Postharvest Application of Chitosan and low Temperature storage affect respiration rate and quality of Plum fruits. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15, 1219-1230.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Chen, X., Hagenmaier, R.D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 9, 151-163
- Cha, D. S. and Chinnan, M. S. (2004). Biopolymer-based antimicrobial packaging. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 223-237.
- Doymaz, I. (2005). Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering*, 71(4), 403-407.
- Dueñas, M., Pérez-Alonso, J., Santos-Buelga, C., and. Escribano-Bailón, T. (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.), *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2), 107-115.
- Espitia, P. J. P., Du, W. X., Avena-Bustillo, R. J., Soares, N. F. F. & McHugh, T. H. (2014). Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolloids*, 35, 287-296.
- Falguera V., Quintero J.P., Jiménez A., Muñoz J.A., Ibarz A. (2011) Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* , 22, 292-303.
- Galus, S., Arik Kibar, E. A., Gniewosz, M., & Kraśniewska, K. (2020). Novel materials in the preparation of edible films and coatings— A review. *Coatings*, 10(7), 674.
- Jeevahan, J. J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S. P., Sriram, V., Joseph, G. B., Mageshwaran, G., & Durairaj, R. B. (2020). Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 210-222.
- Jiang, Y., and Li, Y. (2001). Effects of chitosan on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73(2), 139-143.
- Lansky, E.P., and Paavilainen, H.M. (2011). Figs: the Genus *Ficus*, CRC Press, Boca Raton

- Mesbahi, G., Jamalian, J., & Farahnaky, A. (2005). A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19(4),731-738.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications, *Polymer Science*, 31(1), 603-632.
- Romanazzi, G., & Moumni, M. (2022). Chitosan and other edible coatings to extend shelf life, manage postharvest decay, and reduce loss and waste of fresh fruits and vegetables. *Current Opinion in Biotechnology*, 78, 102834.
- Souza , B. W., Cerqueira, S. M. A., Teixeira J. A. and Vicente, A. A. (2010). The use of electric fields for edible coatings and films development and production: A review. *Springer Science & Business Media*. 2,(4), 244–255.
- Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., Hromiš N.M. (2015) .Edible films and coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Research* ,42,11-22.
- Valdés,A., Burgos,N., Jiménez,A., and María Carmen Garrigós,M. (2015). Natural pectin polysaccharides as edible coatings . *Coatings* , 5, 865-886.
- Veberic R., Colaric, M., and Stampar, F. (2008). Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106(1), 153–157.
- Zahedi, Y., Fathi-Achachlouei, B., & Yousefi, A. R. (2018). Physical and mechanical properties of hybrid montmorillonite/zinc oxide reinforced carboxymethyl cellulose nanocomposites. *International journal of biological macromolecules*,108,863-873.