

نشریه فنی

عملیات پس از برداشت و بازاریابی

فلفل دلمه

ندا مفتون آزاد



بسم الله الرحمن الرحيم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی

عملیات پس از برداشت و بازاریابی فلفل دلمه

تهیه و تدوین

ندا مفتون آزاد

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

استان فارس

سال انتشار

۱۴۰۳



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: نشریه فنی

عنوان نوشتار: عملیات پس از برداشت و بازاری رسانی فلفل دلمه

نگارنده: ندا مفتون آزاد

ویراستار ادبی: محمدرضا داهی

صفحه آرا: شبنم جباری

طراح جلد: سمیه وطن دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۴۰۳



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۶۶۵۳۹ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۳/۱۰/۰۴

مخاطبان نشریه فنی

متخصصان پس از برداشت محصولات باغی و گلخانه‌ای، مروجان، گلخانه‌داران و دیگر بهره‌برداران بخش کشاورزی

این نشریه به سفارش تولیدکنندگان فلفل گلخانه‌ای تدوین گردیده است.

هدف‌های آموزشی

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- شاخص‌های برداشت فلفل دلمه
- عملیات صحیح برداشت
- آماده‌سازی برای بازار
- بیماری‌های پس از برداشت فلفل دلمه

آشنا خواهید شد.

فهرست

شماره صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	شاخص‌های بلوغ فلفل در زمان برداشت
۵	برداشت محصول
۸	پیش‌سرد کردن
۹	آماده‌سازی برای بازار
۱۴	فیزیولوژی پس از برداشت فلفل دلمه
۱۷	بیماری‌های پس از برداشت فلفل دلمه
۲۶	نابسامانی پس از برداشت فلفل دلمه
۳۰	جمع‌بندی
۳۰	منابع

مقدمه

به‌رغم نقش مهم مواد غذایی در تغذیه افراد، سالانه مقادیر زیادی از مواد غذایی به دلایل مختلف از چرخه مصرف خارج یا دور ریخته می‌شود. بنابراین، جلوگیری از تلفات و دورریز مواد غذایی تأثیر مطلوبی بر محیط زیست و امنیت غذایی جمعیت جهان دارد و به توسعه اقتصادی کمک می‌کند. در سرتاسر جهان، تلفات و دورریز مواد غذایی در میوه‌ها و سبزی‌های تازه رخ می‌دهد، که عمدتاً به دلیل عملیات نامناسب برداشت و نقص در شیوه‌های مناسب جابه‌جایی و نگهداری در مراحل پس از برداشت است (مفتون آزاد، ۱۴۰۱).

فلفل دلمه^۱ با نام علمی کپسیکوم آنوم^۲ متعلق به خانواده بادمجانیان^۳ است. سطح زیر کشت فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای در ایران ۱۷۵۹ هکتار با تولید ۲۶۱ هزارتن است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۹). به‌رغم بازار ۶ میلیارد دلاری در جهان، سهم ایران در سال ۲۰۲۱ تنها ۳۰ میلیون دلار بوده است. تولید فلفل دلمه‌ای در سال‌های اخیر به میزان قابل توجهی افزایش یافته است؛ با این حال، تلفات سالانه این محصول ۴۰ درصد برآورد شده است (آنایا-اسپارزا^۴، ۲۰۲۱).

فلفل دلمه‌ای، بسته به رقم و ظرفیت سنتز کلروفیل یا کاروتنوئیدها و مراحل رسیدن، می‌تواند رنگ‌های مختلفی داشته باشد (قرمز، سبز، نارنجی و زرد). فلفل دلمه‌ای علاوه بر داشتن طعمی جذاب، منبع مهمی از ویتامین‌ها (پرو-ویتامین A، E و C)، ترکیبات فعال زیستی مختلف (ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدها) است که برای سلامت مصرف‌کنندگان مفید است. علاوه بر این،

¹ Bell pepper

² *Capsicum annum*

³ Solanaceae

⁴ Anaya-Esparza

شواهد علمی نشان می‌دهد که ترکیبات زیست فعال استخراج شده از فلفل دلمه‌ای دارای اثرهای ضد التهابی، ضد دیابتی، ضد میکروبی و تعدیل کننده سیستم ایمنی هستند (آنایا-اسپارزا، ۲۰۲۱).

انواع زیادی از فلفل گلخانه‌ای در ایران تولید می‌شود که شامل انواع فلفل دلمه‌ای و فلفل‌های تند کوچک است. تقریباً توصیه‌های پس از برداشت برای همه نوع فلفل مشابه است. انواع فلفل نسبت به شیوه‌های نامناسب جابه‌جایی و نگهداری بسیار حساس هستند و به راحتی با دماهای نگهداری خیلی پایین یا خیلی بالا دچار آسیب می‌شوند. به کارگیری شیوه‌های مناسب برداشت و پس از برداشت فلفل برای حفظ کیفیت قابل قبول فلفل و به حداکثر رساندن ماندگاری ضروری است.

شاخص‌های بلوغ فلفل در زمان برداشت

معمولاً اولین محصول فلفل، بسته به رقم و فصل، حدود ۲ ماه پس از انتقال نشا آماده برداشت است. شاخص‌های متعددی برای تعیین بلوغ فلفل استفاده می‌شود. ابتدایی‌ترین شاخص برای بلوغ، اندازه میوه است. میوه باید کاملاً رشد کند و در پاره‌ای ارقام به ماکزیمم اندازه خود برسد؛ دیواره ضخیم و محکم و پوست براق داشته باشد. کاسه گل و ساقه باید تازه و سبز باشد (شکل ۱).



شکل ۱- میوه رسیده فلفل دلمه (عکس از نگارنده)

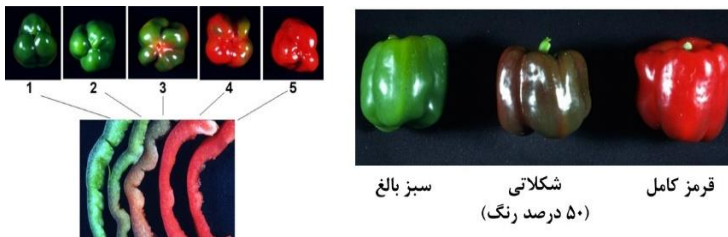
فلفل‌های بعضی ارقام که گوشت نرم و نازک و رنگ سبز کم رنگ دارند و هنوز به حد کافی رشد نکرده‌اند، به مرحله رسیدن نمی‌رسند و آماده برداشت نیستند (شکل ۲).



شکل ۲- فلفل نارس

رنگ خارجی شاخص دیگری از بلوغ است که در بسیاری موارد از این شاخص استفاده می‌شود. رنگ اغلب ارقام فلفل با رسیدن به مرحله بلوغ کامل

تغییر می‌کند. ولی صبر کردن تا رسیدن به رنگ مرحله بلوغ کامل معمولاً توصیه نمی‌شود. میوه‌ها اغلب زمانی برداشت می‌شوند که ۷۵ تا ۹۰ درصد رنگ نهایی خود را به دست آورده باشند. قاعده کلی برای فلفل دلمه رسیدن میوه به رنگ سبز یکنواخت است. میوه‌ها ممکن است سبز یا رنگی برداشت شوند. اگر میوه سبز تا زمان رسیدن به اندازه کامل روی بوته باقی بماند، رنگ آن تغییر می‌کند و معمولاً قرمز می‌شود. از آنجایی که رنگ میوه‌ها همچنان تکامل می‌یابد، می‌توان آن‌ها را قبل از رسیدن به رنگ مطلوب خود برای بازار مقصد برداشت کرد. میوه‌هایی که با عنوان رنگ قرمز درجه‌بندی می‌شوند باید در بسته‌بندی بیش از ۵۰ درصد رنگ قرمز داشته باشند و بقیه "شکلاتی" باشد. این نقاط در هنگام نگهداری و حمل و نقل قرمز می‌شود (شکل ۳) (کر^۱، ۲۰۰۳).



شکل ۳- تغییر رنگ فلفل دلمه در حین رسیدن

(<https://postharvest.ucdavis.edu>)

به طور کلی، تغییر رنگ فلفل قرمز سریع‌تر است تا فلفل زرد. میزان رنگ در زمان برداشت عمدتاً به طول زنجیره عرضه بستگی دارد، هر چه زنجیره کوتاه‌تر باشد، به رنگ بیشتری در زمان برداشت نیاز است. زمان مناسب برداشت تحت تاثیر تقاضای بازار، کیفیت خوراکی و بازارپسندی فلفل قرار می‌گیرد.

¹ Care

برداشت محصول

فلفل را باید با گرفتن میوه در دست با انگشت شست و سبابه و فشار دادن به ساقه و سپس جدا کردن میوه از روی گیاه برداشت کرد. روش بهتر، استفاده از چاقوست (شکل ۴). کاربرد قیچی سبب فشرده شدن ساقه می شود.



شکل ۴- نحوه برداشت فلفل دلمه (<https://www.freshknowledge.eu>)

بوته های فلفل شاخه های شکننده دارند که ممکن است در حین برداشت بشکنند. هنگام جدا کردن میوه باید مراقب بود که شاخه های بریده قطع نشوند یا آسیب نبینند. جدا کردن فلفل از محل گره در واقع سبب می شود خروج رطوبت از گیاه کاهش یابد، میوه زیباتر به نظر برسد و وزن بیشتری برای فروش داشته باشد. فقط در شرایطی که فلفل به صورت فلو-پک^۱ (شکل ۵) بسته بندی می شود، مانند وقتی که سه رنگ فلفل در یک پوشش پلاستیکی قرار می گیرند، ساقه باید کوتاه تر شود.

¹ Flow-pack



شکل ۵- بسته‌بندی فلفل به شیوه فلو-پک

(<https://www.freshknowledge.eu>)

فلفل دلمه‌ای را نباید صبح زود و هنگام بالابودن رطوبت هوا برداشت کرد. در این شرایط، میوه کاملاً سفت می‌شود و بنابراین راحت‌تر خراشیده خواهد شد یا آسیب می‌بیند. رطوبت روی سطح محصول سبب ایجاد پوسیدگی می‌شود. اگر در شرایطی فلفل دلمه‌ای در هوای گرم برداشت شود باید فوراً در سایه قرار داده شود تا از کم‌آبی و آفتاب‌سوختگی آن جلوگیری شود. بهترین شرایط برداشت زمانی است که هوا خنک و خشک باشد.

فلفل دلمه‌ای معمولاً هفته‌ای یک‌بار برداشت می‌شود. پس از برداشت، محصول باید مستقیماً در سبدهای پلاستیکی یا سطل‌های برداشت یا جعبه قرار گیرد. از پرتاب کردن فلفل به داخل ظرف باید خودداری کرد. هنگام چیدن و انتقال فلفل به ظرف‌های مزرعه، باید با احتیاط رفتار کرد تا از کبودی و سوراخ‌شدن فلفل جلوگیری شود.

میوه‌هایی که پوست آن‌ها آسیب‌دیده، به احتمال زیاد بعداً بر اثر عوامل بیماری‌زا آلوده و پوسیده می‌شوند و بنابراین در همان ابتدا باید حذف شوند. میوه غیرقابل فروش یا میوه بیمار نیز باید جدا شود. فلفل‌های دور ریخته شده باید از

گلخانه یا مزرعه خارج شوند تا از گسترش و تجمع بیماری‌ها، آفات و حشرات جلوگیری شود. آسیب‌های فیزیکی نه تنها ظاهر میوه را نامطلوب می‌کند بلکه سبب فساد و افت وزن محصول در اثر خروج رطوبت نیز می‌شود. لایه مومی روی فلفل و نداشتن منافذ طبیعی به این معنی است که فلفل دلمه‌ای نسبتاً در برابر از دست دادن آب مقاوم است (کر، ۲۰۰۳).

قراردادن فلفل در ظرف‌هایی با سطوح داخلی ناهموار ممکن است باعث آسیب‌دیدگی پوست یا سوراخ شدن میوه شود و باید از کاربرد آن‌ها دوری شود. ظرف‌های برداشت و جمع‌آوری باید پهن و کم عمق باشند و روی هم قرار گیرند تا از ایجاد فشار و کبودی میوه در ته ظرف جلوگیری شود. ظرف‌های پلاستیکی محکم و با تهویه مناسب و/یا سطوحی پلاستیکی ایده‌آل هستند. این ظرف‌ها دیواره‌های داخلی صاف دارند که از آسیب‌دیدگی پوست میوه جلوگیری می‌کنند (شکل ۶). این ظرف‌ها به راحتی تمیز می‌شوند و با دوام هستند. ظرف‌ها باید پیش از هر بار برداشت تمیز و ضدعفونی شوند تا از آلوده شدن فلفل‌های سالم بر اثر عوامل بیماری‌زا جلوگیری شود. ظرف‌های پلاستیکی باید با آب شسته شوند و به مدت ۲ دقیقه در محلول ضدعفونی‌کننده متشکل از ۲۰۰ پی پی ام هیپوکلریت سدیم (سفید کننده خانگی) با pH آب ۶/۵ غوطه‌ور شوند (مفتون آزاد و یزدانی، ۱۳۹۴). استفاده از کیسه سبب انباشته شدن میوه‌ها روی هم و آسیب‌دیدگی می‌شود و ممکن است به دلیل تنفس محصول و تهویه ضعیف، گرمای زیادی تولید شود و سبب تسریع در پوسیدگی فلفل شود. میوه‌ها هرگز نباید در معرض آفتاب بمانند. دمای پالپ فلفل‌های برداشت شده نباید بیش از ۳۲ درجه سلسیوس باشد. اگر فلفل بیش از چندین ساعت در دماهای بالا باقی بماند، شروع به نرم شدن می‌کند و نشانه‌هایی از چروکیدگی نشان می‌دهد. این میوه

اگر فقط به مدت دو ساعت پس از برداشت در زیر نور آفتاب قرار گیرد، عمر مفید آن به نصف کاهش می‌یابد.



شکل ۶- جمع‌آوری فلفل دلمه برداشت‌شده
(<https://www.freshknowledge.eu>)

پیش‌سرد کردن

میوه‌ها معمولاً بلافاصله پس از برداشت بسته‌بندی و با استفاده از هوای تحت فشار یا سیستم‌های خنک‌کننده در اتاق تا حدود ۷ درجه سلسیوس طی ۲۴ ساعت خنک می‌شوند. برای پیش‌سرد کردن، محصول معمولاً در پالت‌های پلاستیکی بزرگ یا سبدهای پلاستیکی مزرعه‌ای وارد اتاق‌های سرد یا سالن‌های مجهز به سیستم خنک‌کردن تحت فشار می‌شود تا دمای آن کاهش یابد. جعبه یا سبدهای فلفل باید با حفظ فاصله مناسب روی هم چیده شوند تا جریان هوای کافی وجود داشته باشد (شکل ۷). پیش‌سرد کردن به مقدار قابل توجهی سبب افزایش ماندگاری محصول می‌شود ولی باید دقت داشت که فلفل‌ها را نباید زیر دمای بحرانی خود نگهداری کرد زیرا ممکن است سرمازدگی ایجاد شود که منجر به فرورفتگی، تغییر رنگ، ایجاد بافت‌های خیس و آغشته

به آب و افزایش حساسیت به پوسیدگی مانند بوتریتیس می‌شود (مفتون‌آزاد و یزدانی، ۱۴۰۲).



شکل ۷- جعبه‌های فلفل در سالن‌های مجهز به سیستم خنک کردن تحت فشار
(<https://www.freshknowledge.eu>)

برای بعضی از بازارهای مقصد عملیات بیشتری نیاز است که در زیر شرح داده می‌شوند:

آماده‌سازی برای بازار

تمیز کردن

شستن محصول با ماده ضدعفونی‌کننده با استفاده از اسپری تحت فشار یا ترجیحاً استفاده از برس‌های نرم مزایای زیادی دارد. این کار نه تنها ظاهر را بهبود می‌بخشد و خاک، ماسه و لکه‌های سطحی را از بین می‌برد، بلکه هاگ‌های قارچی را که در صورت باقی‌ماندن روی محصول باعث بیماری می‌شوند از بین می‌برد (شکل ۸) گرم کردن آب می‌تواند کارایی شست و شو را افزایش دهد. این عملیات حساسیت به سرما و توسعه بیماری‌های پس از برداشت را نیز کاهش می‌دهد و در بسیاری از کشورها به صورت تجاری برای صادرات فلفل دلمه‌ای استفاده می‌شود. شست و شو برای فلفل دلمه‌ای که تحت

سیستم‌های کشت حفاظت‌شده رشد می‌کنند اهمیت کمتری دارد. میوه‌هایی که به صورت هیدروپونیک در گلخانه رشد می‌کنند برای تمیز کردن نیازی به شست و شو ندارند. با این حال، برای نگهداری طولانی‌مدت، این کار می‌تواند مفید باشد. در صورت نیاز به غوطه‌ور کردن فلفل در آب، باید از آب حاوی مواد ضدعفونی‌کننده استفاده کرد. برای این منظور می‌توان ۰/۳ لیتر سفیدکننده خانگی (اسید هیپوکلریک) را به هر ۱۰۰ لیتر آب اضافه کرد. این امر میزان پوسیدگی پس از برداشت را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. pH آب شست‌وشو در حد ۶/۵ مطلوب است. میوه باید پیش از بسته‌بندی در هوا خشک شود تا پوسیدگی انباری کاهش یابد. خشک کردن معمولاً روی تسمه نقاله مجهز به غلتک و با استفاده از جریان هوا صورت می‌گیرد. تاخیرهای طولانی‌تر باعث افزایش نرمی و پوسیدگی می‌شود. ساقه و کاسه گل، به‌ویژه در شرایط مرطوب، به پوسیدگی حساس هستند. پوسیدگی معمولاً در داخل کارتن‌ها و هنگامی رخ می‌دهد که میوه گرم است و خنک‌کردن روی آن صورت نگرفته باشد (کر، ۲۰۰۳).



شکل ۸- الف) شست و شو با اسپری آب؛ ب) شست و شو به روش غوطه‌ور کردن و ج) خشک کردن فلفل (<https://www.freshknowledge.eu>)

درجه‌بندی

درجه‌بندی اولیه میوه باید در زمان برداشت در گلخانه یا مزرعه انجام شود. فلفل‌های غیرقابل فروش یا آسیب‌دیده باید جدا شوند. در بسته‌بندی، میوه فلفل باید بر اساس اندازه، شکل و رنگ درجه‌بندی شود.

محصول آماده‌شده برای بازار باید از نظر ظاهری تازه، دارای شکل یکنواخت و عاری از پوسیدگی و آسیب‌دیدگی‌های فیزیکی باشد. شکل نامنظم بر کیفیت خوراکی تأثیر نمی‌گذارد، اما جذاب‌بودن را کاهش می‌دهد و ممکن است بازارپسندی را کاهش دهد. فلفل دلمه‌ای که برای صادرات در نظر گرفته می‌شود نباید قطر کمتر از ۷/۵ سانتی متر (۳ اینچ) و طول کمتر از ۹ سانتی متر (۳/۵ اینچ) داشته‌باشد. محصولی که برای صادرات آماده می‌شود باید سفت، دارای شکل طبیعی و عاری از آسیب‌دیدگی‌های ناشی از زخم، آفتاب‌سوختگی، بیماری، حشرات یا آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی باشد. فلفل‌های بدشکل، ترک‌خورده،

آسیب‌دیده، پوسیده یا پژمرده باید دور ریخته شوند. میوه همچنین باید رنگ یکنواخت معمول هر رقم با پوست براق داشته باشد. میوه‌های فلفل با رنگ‌های مختلف نباید در یک کارتن بسته‌بندی شوند. برای مثال، فلفل دلمه‌ای قرمز یا تا حدی قرمز را نباید با میوه‌های سبز رنگ مخلوط کرد (شکل ۹). همه میوه‌های بسته‌بندی شده در یک کارتن باید از نظر ظاهری مشابه باشند (کر، ۲۰۰۳).



شکل ۹- کاهش بازارپسندی فلفل دلمه به دلیل یکنواخت نبودن رنگ (عکس از نگارنده)

پوشش دهی

پوششی نازک از مواد زیست‌تخریب‌پذیر روی سطح میوه می‌تواند با کنترل تنفس و تعرق محصول ماندگاری آن را افزایش و چروکیدگی میوه و میزان آسیب‌دیدگی‌های ارتعاشی ایجاد شده در حین حمل و نقل را کاهش دهد. ظاهر میوه نیز براق‌تر می‌شود (شکل ۱۰) (مفتون‌آزاد^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

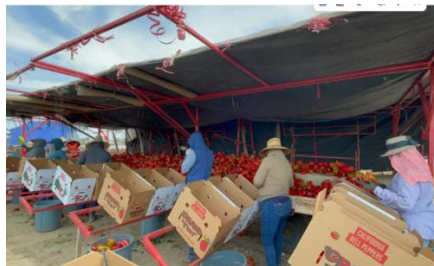
¹ Maftoonazad



شکل ۱۰- پوشش دهی فلفل دلمه با استفاده از مواد زیست تخریب پذیر (کر ۲۰۰۳)

بسته بندی

فلفل دلمه ای را می توان به روش های مختلفی بسته بندی کرد. برخی از تولیدکنندگان ترجیح می دهند آن را بدون هیچ پوششی در جعبه های مقوایی بسته بندی کنند، و این به مصرف کنندگان اجازه می دهد تا پیش از خرید، فلفل را بردارند و از نزدیک بررسی کنند. فلفل ها را می توان در پوشش های پلاستیکی بسته بندی کرد و از این طریق افت رطوبت را نیز کاهش داد. اگر فلفل دلمه به مسافت های دور حمل می شود، باید مراقب بود که تعرق محصول کنترل شود زیرا این اتفاق در شرایطی که هوا گرم نیز باشد می تواند خطر کپک زدن را افزایش و ماندگاری میوه را کاهش دهد. باید دقت کرد فلفل دلمه در حین نگهداری و حمل و نقل با محصولاتی **مانند گوجه فرنگی و..** که اتیلن تولید می کنند در یک جا نباشند. شکل ۱۱ بسته بندی فلفل دلمه را در محل تولید نشان می دهد.



شکل ۱۱- بسته‌بندی فلفل دلمه در کارتن‌های مقوایی

(<https://www.freshknowledge.eu>)

بسته به نوع بازار، فلفل می‌تواند به‌صورت دو، سه یا چهارتایی در پوشش‌های پلاستیکی بسته‌بندی و به بازار عرضه شود (بسته‌های فلو-پک) (شکل ۵). در چنین حالتی دُم فلفل باید کوتاه شود.

فیزیولوژی پس از برداشت فلفل دلمه

فلفل دلمه‌ای (و همین‌طور بقیه انواع فلفل) سبزی‌هایی منحصر به‌فرد با خواص ویژه هستند که آن‌ها را از دیگر سبزی‌ها متمایز می‌کند. این محصول از نظر گیاه‌شناسی ممکن است سبز و نابالغ یا زمانی برداشت شود که کاملاً تغییر رنگ داده است. میوه‌های قرمز کامل اگرچه بالاترین قیمت را دارند، ولی رسیدن محصول به بلوغ کامل می‌تواند باعث افزایش تلفات و در نتیجه کاهش عملکرد شود. معمولاً مشتریان فلفل دلمه‌ای را ترجیح می‌دهند که یا کاملاً سبز یا کاملاً قرمز (یا زرد، نارنجی، بنفش، بسته به رقم) باشد. فلفل دلمه‌ای نافرازگرا است، به این معنی که رسیدگی آن پس از برداشت کامل نمی‌شود. کاربرد گاز اتیلن برای این محصول تأثیر کمی بر تغییر رنگ آن خواهد داشت، اما نرم‌شدن و ایجاد بیماری را افزایش می‌دهد. تغییر رنگ میوه‌های نیمه رنگی برداشت‌شده

اگر در دمای ۱۲ تا ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شوند هم‌چنان ادامه می‌یابد، اما ممکن است به همان شدت رنگ میوه چیده‌شده در مرحله بلوغ نرسند. عمر نگهداری فلفل دلمه‌ای تا حد زیادی به بلوغ، رقم و شرایط رشد بستگی دارد. ماندگاری این محصول بسیار متغیر است و معمولاً با پوسیدگی به پایان می‌رسد. پوسیدگی می‌تواند روی یک یا دو میوه در یک کارتن تأثیر بگذارد، در حالی که بقیه سالم باقی بمانند.

فلفل دلمه‌ای به سرما حساس است، اما واکنش آن به دمای پایین، بسته به شرایط رشد، رقم و بلوغ متفاوت است. به طور کلی فلفل قرمز نسبت به فلفل سبز حساسیت کمتری به سرما دارد (کر، ۲۰۰۳).

الف) دمای بهینه

فلفل‌های برداشت‌شده باید در خیلی زود خنک شوند تا اتلاف آب آن‌ها کاهش یابد. فلفل‌هایی که در دمای بالای ۷/۵ درجه سلسیوس نگهداری می‌شوند، آب بیشتری از دست می‌دهند و چروکیده می‌شوند. نگهداری در دمای ۷/۵ درجه سلسیوس برای حداکثر ماندگاری (۳ تا ۵ هفته) بهترین است. فلفل‌ها را می‌توان در دمای ۵ درجه سلسیوس نیز به مدت ۲ هفته نگهداری کرد، و این کار اگرچه از دست دادن آب را کاهش می‌دهد، اما پس از آن میوه دچار سرمازدگی می‌شود. نشانه‌های آسیب‌دیدگی‌های ناشی از سرمازدگی عبارت‌اند از فرورفتگی، پوسیدگی، تغییر رنگ حفره بذر، و نرم شدن بدون از دست دادن آب. فلفل رسیده یا رنگی نسبت به فلفل سبز حساسیت کمتری به سرما دارد.

ب) میزان تنفس

میزان تنفس فلفل دلمه در دماهای مختلف در جدول ۱ مشاهده می‌شود (جدول ۱):

جدول ۱- میزان تنفس فلفل دلمه در دماهای مختلف

دمای نگهداری (درجه سلسیوس)			میزان تنفس (میلی لیتر دی اکسید کربن/کیلوگرم.ساعت)
۲۰	۱۰	۵	
۱۸-۲۰	۵-۸	۳-۴	

میزان دی اکسید کربن تولید شده اگر در ۴۴۰ ضرب شود، میزان گرمای تولید شده در اثر تنفس بر حسب BTU/ton/day و اگر در ۱۲۲ ضرب شود، میزان گرما بر حسب kCal/ton/day به دست می آید.

ج) پاسخ به اتیلن و میزان تولید اتیلن

فلفل دلمه‌ای واکنش بسیار کمی به اتیلن نشان می‌دهد. برای تسریع رسیدن یا تغییر رنگ، نگه داشتن فلفل‌های نیمه رنگی در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس با رطوبت بالا (بیش از ۹۵ درصد) مؤثرتر است. فلفل دلمه‌ای رفتاری نافرازگرا دارد و در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس سطوح بسیار کمی از اتیلن ($0.1-0.2 \mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$) تولید می‌کند.

د) رطوبت نسبی بهینه

رطوبت نسبی بهینه برای نگهداری فلفل پس از برداشت بین ۹۰ تا ۹۵ درصد است. نگه داشتن فلفل در رطوبت نسبی پایین‌تر منجر به تعرق بیشتر محصول (از دست دادن آب)، عمدتاً از طریق اسکار ساقه می‌شود. سه درصد کاهش وزن میوه در اثر خروج رطوبت منجر به چروکیدگی محصول می‌شود (شکل ۱۲). نگهداری فلفل در رطوبت نسبی بالا (۹۰ تا ۹۵ درصد) کاهش وزن را به حداقل می‌رساند و سفتی میوه را حفظ می‌کند.



شکل ۱۲- چروکیده شدن پوست فلفل دلمه در نتیجه کاهش رطوبت نسبی محیط
(عکس از نگارنده)

بیماری‌های پس از برداشت فلفل دلمه

فلفل دلمه مستعد ابتلا به برخی از بیماری‌های پس از برداشت است که بیشتر آن‌ها پیش از اینکه بتوانند به میوه نفوذ کنند نیاز دارند به‌اینکه میوه آسیب مکانیکی ببیند یا بافت آن ضعیف شود. لایهٔ مومی روی پوست، فلفل را در برابر عفونت محافظت می‌کند، اما این میوه نیز به راحتی در اثر برخورد نامالایم آسیب می‌بیند. باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زای قارچی نیز ممکن است از طریق بافت بریده شدهٔ ساقه و منافذ طبیعی اطراف کاسهٔ گل وارد میوه شوند. شیوع این بیماری‌ها در هوای مرطوب و بارانی همیشه بیشتر است. تمهیدهای مناسب کنترل بیماری پیش از برداشت همراه با نگهداری دقیق، تمیز کردن و درجه‌بندی میوه و کنترل مناسب دما در مراحل پس از برداشت، بروز بیماری را به حداقل می‌رساند. شایع‌ترین انواع بیماری‌ها به‌شرح زیر هستند (کر، ۲۰۰۳):

پوسیدگی آلترناریا

سویه‌های آلترناریا اغلب هنگامی ظاهر می‌شوند که میوه‌ها در اثر عواملی مانند پوسیدگی گلگاه، آسیب‌های ناشی از سرما، یا آسیب‌دیدگی‌های فیزیکی تحت تاثیر قرار گرفته باشند. زخم‌های فرورفته با مرکزی پر از هاگ سیاه ریز ایجاد می‌شود. این‌ها به‌هنگام نگهداری چند برابر می‌شوند. بهترین شیوه کنترل آلترناریا، نگهداری محصول در دمای ۷ درجه سلسیوس است. این عارضه معمولاً در نتیجه سرمازدگی اتفاق می‌افتد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- علائم آلترناریا روی فلفل دلمه

(<https://postharvest.ucdavis.edu>)

آنتراکنوز

این بیماری بر اثر سویه‌های کولتوتریکوم^۱ ایجاد می‌شوند. آلودگی بر اثر آنتراکنوز معمولاً در خلال تولید رخ می‌دهد، ولی نشانه‌های آن اغلب پس از برداشت ظاهر می‌شود. از مشخصات این بیماری ایجاد ضایعات گرد با هاگ‌های سیاه یا قهوه‌ای است که گاهی به‌صورت دایره‌های متحدالمرکز دیده می‌شوند (شکل ۱۴).

¹ *Colletotrichum* spp.



شکل ۱۴- علائم آنتراکنوز روی فلفل دلمه سبز و قرمز (Villafana and Rampersad 2020)

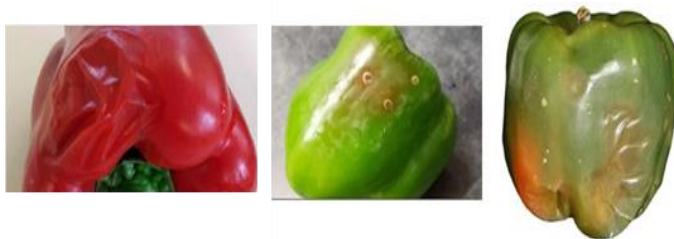
فساد نرم باکتریایی

فساد نرم باکتریایی بر اثر سویه‌های *Zanatomonas کمپستریس*^۱ و سویه‌های *اروینیا*^۲ در خاک ایجاد می‌شود و معمولاً بدترین بیماری پس از برداشت فلفل است. انتقال بیماری زمانی رخ می‌دهد که خاک حاوی باکتری روی میوه‌های حساس پاشیده شود. فساد نرم باکتریایی در فلفل‌هایی که پیش‌سرد کردن یا شستن آن‌ها با استفاده از آب غیربهداشتی باشد بسیار شایع است. باکتری‌ها می‌توانند از طریق هر زخم، شکاف یا سوراخ وارد میوه فلفل شوند؛ بافت‌های آسیب‌دیده در اثر تغذیه حشرات بسیار حساس هستند. بروز پوسیدگی نرم باکتریایی معمولاً در هوای گرم و مرطوب بسیار بیشتر است. برخلاف بیماری‌های قارچی، آلودگی‌های باکتریایی اغلب در ابتدا بدون آسیب به پوست و در گوشت میوه رشد می‌کنند. نشانه‌های اولیه به صورت نواحی با رنگ روشن و آغشته به آب در اطراف لبه زخم روی میوه یا ساقه شروع می‌شود. نواحی آغشته به آب به سرعت بزرگ می‌شوند. بافت اطراف محل عفونت شروع به نرم شدن می‌کند و میوه در نهایت به یک توده آبکی نرم و گاهی قهوه‌ای‌رنگ

^۱ *Xanthomonas campestris*

^۲ *Erwinia*

تبدیل می‌شود (شکل ۱۵). آلودگی‌های پس از برداشت بسیار زیان‌آورند زیرا اگر یکی از میوه‌ها پوسیده شود، ممکن است بیماری به همه میوه‌های موجود در بسته سرایت کند. پوسیدگی نرم باکتریایی با بوی بدی که از میوه پوسیده متصاعد می‌شود به راحتی تشخیص داده می‌شود. دمای مطلوب برای رشد پوسیدگی نرم باکتری ۲۷ تا ۳۰ درجه سلسیوس است. کمترین دما برای رشد عامل بیماری‌زا ۳ درجه سلسیوس است.



شکل ۱۵- فساد نرم باکتریایی (اونیل و ماین^۱، ۲۰۱۵)

انتقال بیماری از مزرعه یا گلخانه با کنترل حشراتی کنترل می‌شود که روی میوه زخم ایجاد می‌کنند. پوسیدگی پس از برداشت با چیدن میوه در هنگامی که خشک است، جلوگیری از آسیب در حین جابه‌جایی و نگهداری میوه در دمای ۷ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. اگر میوه پس از برداشت شسته شود، آب باید به درستی کلر زده شود و میوه پس از شستن در سریع‌ترین زمان ممکن خشک شود. معمولاً محل ورود عامل پوسیدگی نرم باکتریایی، بافت شکسته ساقه و ناحیه کاسه گل است، به خصوص اگر آب آزاد وجود داشته باشد.

¹ O'Neill & Mayne

کپک خاکستری

کپک خاکستری بر اثر بوتریتیس سینرا^۱ ایجاد می‌شود و دومین بیماری شایع در مراحل پس از برداشت فلفل دلمه است. محل پوسیدگی حالت خیس دارد که خیلی زود ریشه‌های کپک خاکستری نیز به دنبال آن در محل آلودگی ایجاد می‌شود. کنترل کپک خاکستری بسیار دشوار است زیرا در دماهای پایین نیز به رشد خود ادامه می‌دهد. بهداشت مزرعه یا گلخانه و جلوگیری از زخم روی میوه به کاهش بروز این بیماری کمک می‌کند. بوتریتیس در دمای نگهداری توصیه شده به خوبی رشد می‌کند. سطوح بالای دی اکسید کربن (بیش از ۱۰ درصد) که می‌تواند بوتریتیس را کنترل کند به فلفل آسیب می‌رساند. فرو بردن فلفل در آب داغ (۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۴ دقیقه) می‌تواند پوسیدگی بوتریتیس را به طور موثری کنترل کند بدون اینکه باعث آسیب دیدگی میوه شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- نشانه‌های کپک خاکستری (www.postharvest.net.au)

¹ *Botrytis cinerea*

پوسیدگی رایزوپوس

این بیماری بر اثر قارچ *رایزوپوس/ستولونیفر*^۱ ایجاد می‌شود و یکی دیگر از بیماری‌های رایج پس از برداشت فلفل است. عوامل بیماری‌زا در نواحی زخمی بافت میوه یا از طریق ساقه شکسته مستقر می‌شوند. در ابتدا، لکه‌های کوچک آغشته به آب تشکیل می‌شوند که به سرعت بزرگ می‌شوند اما تغییر رنگ نمی‌دهند. کل میوه به زودی با عامل بیماری‌زا در بر گرفته می‌شود و این مشکل به‌خصوص در دمای محیط بیشتر اتفاق می‌افتد. توده‌های کپک سفید متمایل به خاکستری روی ناحیه زخمی ایجاد می‌شوند که سرانجام به رنگ سیاه در می‌آیند (شکل ۱۷). مایعی شفاف نیز از بافت‌های بیمار تراوش می‌کند. کانون‌های کپک و میوه در حال پوسیدگی نیز ممکن است در محصول بسته‌بندی شده تشکیل شود. دما و رطوبت بالا و زخم‌های تازه باعث پیشرفت بیماری می‌شود. راه‌های اصلی مبارزه با رایزوپوس از این قرار است: ضدعفونی کردن تمام ظرف‌های برداشت و سطوح مورد استفاده در درجه‌بندی، جلوگیری از زخمی شدن بافت میوه، خشک کردن سطوح مرطوب میوه و سرد کردن میوه تا دمای ۷ درجه سلسیوس در کوتاه‌ترین زمان ممکن.

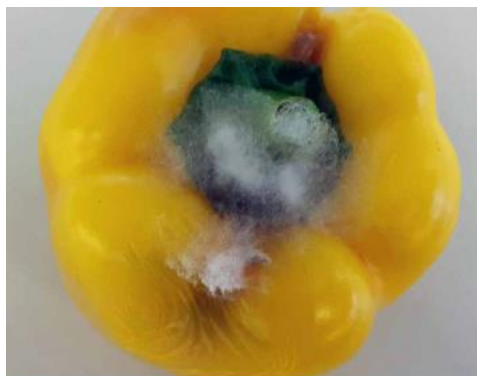


شکل ۱۷- فساد رایزوپوس روی فلفل زرد (کر، ۲۰۰۳)

¹ *Rhizopus stolonifer*

پوسیدگی نرم آبکی^۱

پوسیدگی نرم آبکی بر اثر قارچ /اسکلروتینیا /اسکلروتیوروم^۲ ایجاد می شود که به خصوص پس از بارندگی های طولانی مدت رایج است. این عامل بیماری را اسپورها را در هوا پخش می کند که به راحتی در نواحی زخمی میوه مستقر می شوند. مناطق آسیب دیده روی سطح میوه گسترش می یابند و خیلی زود با کپک های سفید پوشانده می شوند (شکل ۱۸). بافت میوه آلوده نرم و آبکی می شود. پوسیدگی می تواند در محصول بسته بندی شده پخش شود و کانون های کپک و میوه پوسیده را تشکیل دهد. دما و رطوبت بالا و زخم های تازه باعث رشد بیماری می شود. کنترل این بیماری با به کارگیری شیوه های خوب بهداشتی پیش از برداشت ، حذف گیاهان بیمار به عنوان منبع آلودگی و نگه داشتن میوه در دمای ۷ درجه سلسیوس برای به تعویق انداختن رشد پاتوژن به دست می آید.



شکل ۱۸- پوسیدگی ایجاد شده توسط اسکلروتینیا
(www.postharvest.net.au)

¹ Watery soft rot

² *Sclerotinia sclerotiorum*

پوسیدگی حفره داخلی

پوسیدگی های داخلی بر اثر سویه های *آلترناریا آلترناتا*^۱، سویه های فوزاریوم^۲، بوتریتیس سینرا، سویه های کولتوتریکوم و پکتوباکتریوم آتروسپتییکوم^۳ ایجاد می شود. پوسیدگی داخلی روی دانه ها یا قسمت های داخلی میوه ایجاد و بیشتر در میوه های قرمز دیده می شود. ظاهر خارجی فلفل دلمه می تواند کاملاً طبیعی باشد و نشانه های این بیماری تنها پس از باز شدن میوه دیده شود. آلودگی اولیه معمولاً در دوره گلدهی رخ می دهد. با این حال بیماری تنها زمانی پیشرفت می کند که میوه به رسیدگی کامل برسد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- پوسیدگی حفره داخلی میوه (www.postharvest.net.au)

پوسیدگی باکتریایی پکتوباکتریوم کاراتوووروم^۴

پکتوباکتریوم کاراتوووروم عامل بیماری زای دیگری است که خسارات زیادی به فلفل دلمه در مراحل پس از برداشت وارد می کند. در این بیماری لکه های

^۱ *Alternaria alternata*

^۲ *Fusarium* spp.

^۳ *Pectobacterium atrosepticum*

^۴ *Pectobacterium carotovorum*

بزرگ روی سطح خارجی میوه مشاهده می‌شود که در آن‌ها پوست از گوشت میوه جدا می‌شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- پوسیدگی بر اثر پکتوباکتریوم کاراتووروم (کوری-پاشیکو)^۱

حشرات

تغذیه توسط حشرات در اوایل رشد محصول می‌تواند شکل میوه را تغییر دهد، حتی اگر حشرات آسیب‌زننده مدت‌ها قبل از بین رفته باشند. تغذیه توسط تریپس باعث ایجاد زخم‌های قهوه‌ای مشخص در پوست می‌شود. از آنجایی که ناحیه آسیب‌دیده همزمان با رسیدگی میوه نمی‌تواند گسترش یابد، میوه از لحاظ ظاهری شکل متفاوتی پیدا می‌کند. تغذیه توسط تریپس در زمان بلوغ میوه باعث ایجاد زخم‌های نقره‌ای‌رنگ در سطح می‌شود. این آسیب‌ها تأثیر کمی بر کیفیت خوراکی دارند، اما جذاب بودن میوه را کاهش می‌دهند. کاترپیلارهای هلیوتیس^۲ و دیگر آفات نیز ممکن است در اوایل رشد از میوه تغذیه کنند. اگرچه این آسیب‌دیدگی‌ها ممکن است بهبود یابد (شکل ۲۱).

¹ Correa-Pacheco

² *Heliothis caterpillars*



شکل ۲۱-الف) آسیب زدگی اولیه تریس؛ ب) آسیب زدگی پیشرفته تریس و ج) آسیب دیدگی بهبود یافته ناشی از تغذیه هلیوتیس (www.postharvest.net.au)

نابسامانی پس از برداشت فلفل دلمه سرمازدگی

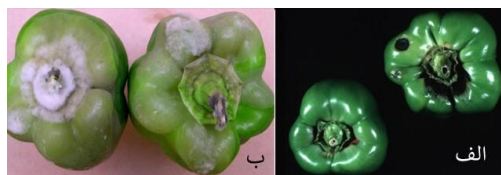
سرمازدگی با نگهداری طولانی مدت در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس ایجاد می‌شود. با این حال، ظاهر محصول در نتیجه این عارضه بسیار متغیر است؛ میوه‌های قرمز در برابر آسیب سرما مقاوم‌ترند. آسیب دیدگی اولیه می‌تواند به صورت نواحی فرورفته (شبیه پوست پرتقال) در پوست ظاهر شود. سرمای بیشتر منجر به ایجاد فرورفتگی‌های عمیق‌تر می‌شود که بسیار مستعد پوسیدگی هستند (شکل ۲۲).



شکل ۲۲-الف) مراحل اولیه سرمازدگی، ب) مراحل پیشرفته سرمازدگی (www.postharvest.net.au)

سرمای شدید می‌تواند باعث ایجاد لکه‌های قهوه‌ای بزرگ شود که در این نقاط پوست از گوشت زیرین، که حالت خیس شدگی دارد، جدا می‌شود. این

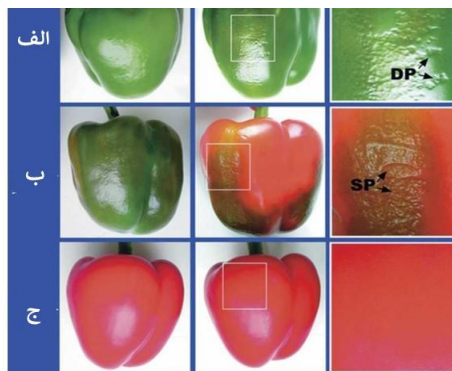
عارضه می‌تواند منجر به پوسیدگی بعدی محصول خصوصا به واسطه سویه‌های آلترناریا و نیز تغییر رنگ حفره داخلی فلفل شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- الف) پوسیدگی آلترناریا و ب) پوسیدگی بوتریس بعد از

سرمازدگی (<https://postharvest.ucdavis.edu>)

نشانه‌های سرمازدگی معمولا پس از انتقال محصول از دمای پایین به دمای محیط مشاهده می‌شود. شدت آسیب سرمازدگی با افزایش رسیدگی میوه کاهش می‌یابد (شکل ۲۴).

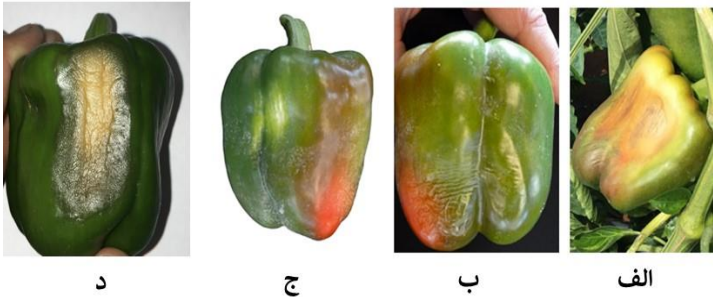


شکل ۲۴- تأثیر مرحله رسیدگی بر ایجاد فرورفتگی‌های ناشی از سرما بر پوست فلفل دلمه‌ای. فلش‌ها فرورفتگی‌های نقطه‌ای (DP) و صفحه‌ای (SP) را نشان می‌دهند؛ مراحل رسیدگی: الف) سبز بالغ، ب) مرحله تغییر رنگ یا شکست و ج) قرمز رسیده (لیم و وولف^۱، ۲۰۱۰)

¹ Lim & Woolf

آفتاب سوختگی

قرار گرفتن در معرض آفتاب باعث سفید شدن، کم آبی موضعی، چروکیدگی یا تغییر رنگ می‌شود. در بسیاری از مواقع گوشت زیرین فلفل دلمه نرم می‌شود و می‌تواند بیشتر مستعد بیماری شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- عوارض ناشی از آفتاب سوختگی: (الف) بیماری، (ب) چروکیدگی، (ج) کم‌رنگ شدن و (د) تغییر رنگ (www.postharvest.net.au)

پوسیدگی گلگاه

پوسیدگی گلگاه به صورت تغییر رنگ خفیف یا ضایعه‌ای شدید تیره فرورفته در انتهای گلگاه رخ می‌دهد. دلیل این اختلال کمبود موقت آب و کلسیم است و ممکن است در شرایط دمای بالا و زمانی رخ دهد که فلفل به سرعت در حال رشد است (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- پوسیدگی گلگاه (<https://postharvest.ucdavis.edu>)

لکه فلفل

این اختلال به صورت **لکه‌های کوچک** ظاهر می‌شود که به دیواره میوه نفوذ می‌کنند. دلیل این اختلال ناشناخته است؛ برخی از گونه‌ها نسبت به دیگر گونه‌ها حساس‌تر هستند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- عارضه لکه فلفل (<https://postharvest.ucdavis.edu>)

آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی

آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی به صورت خراشیدگی، سوراخ شدن بر اثر ساقه محصولات مجاور، ترک خوردگی و غیره در فلفل بسیار رایج است. آسیب‌دیدگی‌های فیزیکی نه تنها کیفیت بصری فلفل‌ها را کاهش می‌دهد بلکه باعث کاهش وزن و پوسیدگی نیز می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی وارد شده به فلفل و متعاقب آن پوسیدگی ایجاد شده (<https://postharvest.ucdavis.edu>)

جمع بندی

▶ فلفل دلمه ای را نباید در حالت مرطوب برداشت کرد. اگر شرایط گرم است، میوه‌های برداشت شده باید در سایه قرار داده شوند تا از کم‌آبی و آفتاب سوختگی جلوگیری شود.

▶ میوه‌های کشت شده در خارج از گلخانه معمولاً باید با برس‌های نرم و اسپری آب شسته شوند. محصولات گلخانه‌ای معمولاً نیازی به شست‌وشو ندارند.

▶ فلفل دلمه‌ای به سرما حساس است. حساسیت به شرایط رشد، رقم و بلوغ بستگی دارد.

▶ تمهیدات مناسب برای کنترل بیماری پیش از برداشت همراه با نگهداری دقیق، تمیز کردن و درجه‌بندی میوه و کنترل مناسب دما در مراحل پس از برداشت، بروز بیماری را به حداقل می‌رساند.

منابع

بی‌نام. ۱۳۹۹. آمارنامه تولیدات محصولات کشاورزی - سال زراعی ۹۸-۹۹. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. تهران، ایران.

مفتون آزاد، ندا و صدیقه یزدانی (۱۳۹۴). راهنمای پس از برداشت و بازاریابی لیمو. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۴۸۳۵۲.

مفتون آزاد، ندا (۱۴۰۱). مدیریت ضایعات محصولات باغی. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۵۷ صفحه.

مفتون آزاد، ندا و یزدانی، صدیقه (۱۴۰۲). راهنمای پس از برداشت و بازاریابی انجیر. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۶۳۹۰۱.

- Anaya-Esparza, L. M., Mora, Z. V. D. L., Vázquez-Paulino, O., Ascencio, F., & Villarruel-López, A. (2021). Bell peppers (*Capsicum annum* L.) losses and wastes: Source for food and pharmaceutical applications. *Molecules*, 26(17), 5341.
- Anonymous. (2024). Packhouse practices for peppers. <https://www.freshknowledge.eu/en/increase-your-knowledge/crops/pepper/packhouse-practices-for-peppers.htm>
- Anonymous. (2024). www.postharvest.net.au/imagesDB/wysiwyg/7-Capsicum.pdf
- Anonymous. (2024). <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/bell-pepper>
- Care, P. (2003). Peppers. Ministry of Fisheries, Crops and Livestock, technical bulletin No. 7. pdf. usa.id.gov.
- Correa-Pacheco, Z. N., Corona-Rangel, M. L., Bautista-Baños, S., & Ventura-Aguilar, R. I. (2021). Application of natural-based nanocoatings for extending the shelf life of green bell pepper fruit. *Journal of Food Science*, 86(1), 95-102.
- Lim, C. S., & Woolf, A. B. (2010). Varietal differences of chilling-induced physiological responses and quality attributes in pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars during low temperature storage. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 51(6), 531-538.
- O'Neill, T., & Mayne, S. (2015). *Pepper Fruit Rots*. HDC.
- Villafana, R. T., & Rampersad, S. N. (2020). Diversity, structure, and synteny of the cutinase gene of *Colletotrichum* species. *Ecology and evolution*, 10(3), 1425-1443.

Maftoonazad, N., Badii, F., & Shahamirian, M. (2013). Recent innovations in the area of edible films and coatings. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 5(3), 201-213.