شناسایی نقاط تاثیرگذار بر ضایعات انگور در زنجیره تولید

منصوره حسن‌زاده نعیمی[1]* و سکینه فرجی[2]

چکیده

انگور یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران است که به دلیل ارزش اقتصادی، تغذیه‌ای و صادراتی، نقش مهمی در بخش کشاورزی کشور دارد. باوجود تولید قابل‌توجه سالانه، بخش مهمی از محصول در مراحل زنجیره تولید از تاکستان تا بازار مصرف دچار افت کیفیت و کمیت ضایعات می‌شود. حساسیت بالای انگور به آسیب‌های مکانیکی، کاهش رطوبت و آلودگی‌های قارچی، به‌ویژه پوسیدگی خاکستری ناشی از قارچ بوتریتیس سینره، از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت، کمیت و بازارپسندی این محصول است. بررسی عوامل ضایعات نشان می‌دهد که بخش عمده خسارات در اثر مدیریت نامناسب در مراحل تولید، برداشت، پیش سردسازی، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و نگهداری ایجاد می‌شود. استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب در تاکستان، برداشت صحیح، رعایت زنجیره سرد پس از برداشت و کاربرد فناوری‌های نوین نگهداری می‌تواند نقش مؤثری در کاهش ضایعات داشته باشد. فناوری‌هایی مانند بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده، پوشش‌های خوراکی و زیست‌تجزیه‌پذیر، پرتودهی و سامانه‌های هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی، امکان افزایش عمر ماندگاری و حفظ کیفیت انگور را فراهم می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که کاهش پایدار ضایعات انگور مستلزم اتخاذ رویکردی یکپارچه در کل زنجیره تولید است؛ رویکردی که در آن مدیریت زنجیره تولید، فناوری‌های نوین پس از برداشت و پایش هوشمند کیفیت به‌صورت هم‌افزا مورداستفاده قرار گیرند. اجرای این راهکارها علاوه بر افزایش درآمد تولیدکنندگان، موجب کاهش هدررفت منابع و ارتقای پایداری تولید خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: ضایعات پس از برداشت، بسته‌بندی، نگهداری سردخانه‌ای، پوشش خوراکی

بیان مسئله

انگور[3] یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور محسوب می‌شود و نقش مهمی در امنیت غذایی، اشتغال و درآمد باغداران دارد. ایران با تولید سالانه حدود سه میلیون تن انگور، از تولیدکنندگان اصلی این محصول در جهان است. بااین‌وجود، بخش قابل‌توجهی از محصول پیش از رسیدن به مصرف‌کننده دچار افت کیفیت، کمیت یا ضایعات می‌شود. انگور از جمله میوه‌های بسیار حساس و فسادپذیر است. پوست‌نازک، رطوبت بالا و بافت ظریف حبه‌ها موجب می‌شود که محصول در برابر صدمات مکانیکی، کاهش آبیاری، آلودگی‌های قارچی و شرایط نامناسب نگهداری آسیب‌پذیر باشد (گلشن تفتی، ۱۳۹۶). این مشکلات در مراحل زنجیره تولید شامل تولید در تاکستان، برداشت، حمل‌ونقل، بسته‌بندی، نگهداری و عرضه به بازار بروز می‌کنند. یکی از مهم‌ترین عوامل ضایعات در انگور، پوسیدگی خاکستری ناشی از قارچ بوتریتیس سینره[4] است. این بیماری می‌تواند از مرحله تولید در تاکستان آغاز شده و در زمان نگهداری و حمل‌ونقل گسترش یابد. علاوه بر بیماری‌ها، برداشت غیراصولی، تأخیر در خنک‌سازی محصول، استفاده از بسته‌بندی نامناسب و اختلال در زنجیره سرد از دیگر عوامل مهم افزایش ضایعات هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در صورت نبود مدیریت مناسب پس از برداشت، بین ۲۰ تا ۳۰ درصد محصول تولیدی ممکن است قابلیت

[1]* استادیار پژوهشی، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج،ایران.

[2] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی. مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. اراک. ایران.

[3] *Vitis vinifera*

[4] *Botrytis cinerea*

عرضه به بازار را از دست بدهد (Blanckenberg *et al.*, 2021). این میزان ضایعات علاوه بر کاهش درآمد باغداران و فعالان زنجیره تولید، موجب هدررفت منابع ارزشمندی مانند آب، انرژی، کود و نیروی انسانی می‌شود؛ بنابراین شناسایی نقاط بحرانی اصلی ضایعات و معرفی راهکارهای عملی برای کنترل آن‌ها، یکی از مهم‌ترین نیازهای بخش باغبانی کشور است. انتقال دانش فنی مرتبط با مدیریت صحیح تاکستان، برداشت اصولی، نگهداری سردخانه‌ای و استفاده از فناوری‌های نوین نقش مؤثری در کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری تولید انگور دارند.

نتایج کاربردی

کاهش ضایعات انگور نیازمند مدیریت یکپارچه در تمامی مراحل زنجیره تولید است. مهم‌ترین دستاوردها و راهکارهای کاربردی شامل موارد زیر است:

۱- مدیریت تاکستان و پیشگیری از ضایعات پیش از برداشت:

مدیریت صحیح تاکستان از مراحل اولیه تولید می‌تواند با کاهش آسیب‌های فیزیکی و زیستی، زمینه کاهش ضایعات انگور را فراهم کند. انتخاب محل مناسب با زهکش کافی، رعایت فاصله کاشت، هرس مناسب و بهبود تهویه کانوپی از جمله اقداماتی هستند که به کاهش رطوبت و تراکم بیش از حد پوشش گیاهی و در نتیجه کاهش شرایط مساعد برای توسعه بیماری‌های قارچی کمک می‌کنند. مدیریت صحیح آبیاری و تغذیه متعادل نیز برای حفظ وضعیت مناسب رشد و کاهش حساسیت تاک به عوامل بیماری‌زا اهمیت دارد. همچنین، حذف و مدیریت بقایای آلوده می‌تواند منابع اولیه آلودگی را در تاکستان کاهش دهد. در صورت استفاده از پوشش‌ها و توری‌های محافظ، انتخاب نوع و نحوه استقرار آن‌ها باید باتوجه‌به شرایط اقلیمی، نیاز تاکستان و اثر آن‌ها بر دما، رطوبت و تهویه انجام شود تا ضمن کاهش آسیب‌های ناشی از عوامل محیطی، شرایط مناسب برای توسعه بیماری‌های قارچی ایجاد نشود (Palloti *et al.*, 2023).

۲- زمان و نحوه برداشت انگور:

برداشت انگور باید بر اساس رقم، هدف مصرف و شاخص‌های رسیدگی انجام شود و از اختلاط ارقام مختلف یا محموله‌هایی با درجات متفاوت رسیدگی جلوگیری گردد. در انگورهای تازه‌خوری، برداشت معمولاً در مرحله‌ای انجام می‌شود که حبه‌ها به‌اندازه و رنگ مطلوب رسیده، طعم و نسبت قند به اسید مناسب مصرف مستقیم باشد و ویژگی‌های بافتی و ظاهری خوشه حفظ شده باشد. در انگورهای کشمشی، رسیدن کافی برای دستیابی به میزان مناسب قند، طعم و قابلیت خشک‌شدن اهمیت دارد؛ بنابراین زمان برداشت باید متناسب با رقم و روش خشک‌کردن تعیین شود. در انگورهای مخصوص آب‌گیری و فراوری نیز شاخص‌هایی مانند مواد جامد محلول، اسیدیته و نسبت قند به اسید باید متناسب با محصول نهایی در نظر گرفته شوند. ازاین‌رو، برداشت هم‌زمان ارقام یا کاربردهای مختلف می‌تواند موجب ورود محصول با درجات مختلف رسیدگی به یک محموله و در نتیجه کاهش یکنواختی و افزایش احتمال افت کیفیت و ضایعات شود. برداشت ترجیحاً در ساعات خنک روز انجام شود و خوشه‌ها با استفاده از قیچی برداشت تیز و تمیز، به‌گونه‌ای جدا شوند که از لهیدگی، پارگی حبه‌ها و آسیب به پوست جلوگیری شود. هنگام برش، حفظ طول مناسب دم خوشه و جلوگیری از واردشدن آسیب به بافت‌های خوشه اهمیت دارد. استفاده از ظروف پلاستیکی تمیز، مقاوم و کم‌عمق که امکان

تهویه مناسب داشته و از فشردگی و انباشتگی خوشه‌ها جلوگیری کنند، نیز ضروری است. خوشه‌های برداشت‌شده باید تا زمان انتقال به مرحله پیش سردسازی یا نگهداری سرد، در معرض تابش مستقیم خورشید و گرمای محیط قرار نگیرند. همچنین، برداشت و انتقال محصول باید به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که فاصله زمانی بین برداشت و خنک‌سازی اولیه حداقل ممکن باشد. در شرایطی که دمای محصول به حدود ۲۸ درجه سلسیوس یا بیشتر برسد، ادامه برداشت در ساعات گرم روز می‌تواند با افزایش سرعت تنفس و تشدید افت کیفیت، خطر ضایعات را افزایش دهد (مفتون آزاد، ۱۳۹۸).

۳- خنک‌سازی(پیش‌سردسازی) انگور:

خنک‌سازی سریع انگور پس از برداشت یکی از اقدامات مهم برای کاهش سرعت تنفس، کاهش اتلاف آب و محدودکردن توسعه عوامل بیماری‌زا و در نتیجه حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی محصول است. باتوجه‌به حساسیت انگور به آسیب‌های ناشی از رطوبت و اهمیت حفظ لایه مومی طبیعی سطح حبه‌ها، روش پیش سردسازی باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که ضمن کاهش سریع دمای محصول، کمترین آسیب را به سطح حبه‌ها وارد کند (مرادی نژاد و واعظزاده، ۱۴۰۱). خنک‌سازی با هوای متراکم یکی از روش‌های مناسب برای پیش سردسازی انگور است که با عبور هوای سرد از میان‌بسته‌ها، موجب کاهش دمای خوشه‌ها می‌شود. سرعت و یکنواختی خنک‌سازی به عواملی مانند دمای هوای ورودی، سرعت جریان هوا، نحوه چیدمان بسته‌ها و میزان تماس هوای سرد با محصول بستگی دارد. پس از پیش سردسازی نیز حفظ زنجیره سرد و انتقال سریع محصول به شرایط مناسب نگهداری اهمیت زیادی دارد (Kaya *et al*., 2024).

۴- بسته‌بندی مناسب:

بسته‌بندی مناسب نقش مهمی در جلوگیری از آسیب‌های فیزیکی، کاهش از دست‌رفتن رطوبت و محدودکردن آلودگی‌های ثانویه در انگور دارد. استفاده از جعبه‌های مناسب، کیسه‌های دارای منافذ تهویه و مواد جاذب رطوبت می‌تواند به حفظ کیفیت محصول در طول حمل‌ونقل و نگهداری کمک کند. همچنین، استفاده از سولفورپدها [۱] یکی از روش‌های متداول برای کنترل پوسیدگی قارچی، به‌ویژه کپک خاکستری، در بسته‌بندی انگور است. سولفورپدها حاوی ترکیبات تولیدکننده یا آزادکننده دی‌اکسید گوگرد (SO_2) هستند که در داخل بسته به‌تدریج گاز SO_2 را آزاد می‌کنند. این گاز با اثر ضدقارچی، رشد و گسترش قارچ‌های عامل پوسیدگی را در سطح خوشه کاهش می‌دهد. سرعت آزادسازی گاز به عواملی مانند دما، رطوبت و ویژگی‌های خود پد وابسته است؛ بنابراین، استفاده از سولفورپد باید متناسب با شرایط نگهداری و نوع بسته‌بندی انجام شود تا ضمن کنترل پوسیدگی، از تجمع بیش از حد SO_2 و آسیب احتمالی به کیفیت محصول جلوگیری شود. دمای نگهداری انگور معمولاً در محدوده نزدیک به ۰ درجه سانتی‌گراد (حدود ۰ تا ۱ درجه سانتی‌گراد) تنظیم می‌شود، هرچند شرایط بهینه باتوجه‌به رقم و نوع بسته‌بندی متفاوت است.

۵- بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP):

یکی از مهم‌ترین فناوری‌های نوین بسته‌بندی و تأثیرگذار بر نگهداری انگور است. در این روش با تنظیم غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن داخل بسته، سرعت تنفس محصول کاهش‌یافته و رشد عوامل فساد کنترل می‌شود. به‌عنوان نمونه، استفاده از فیلم‌های پلیمری نیمه‌تراوا در بسته‌بندی انگور، امکان

ایجاد اتمسفر اصلاح‌شده در داخل بسته را فراهم می‌کند. این فناوری موجب افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت حسی و تغذیه‌ای انگور می‌شود (Yuan *et al.*, 2022).

۶- نگهداری در سردخانه:

حفظ زنجیره سرد نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش ضایعات دارد. نگهداری انگور در دمای صفر تا پنج درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد، شرایط مناسبی برای حفظ کیفیت محصول فراهم می‌کند. دمای پایین با کاهش سرعت رشد و تکثیر بسیاری از عوامل قارچی، از جمله قارچ‌های عامل پوسیدگی، به کنترل فساد کمک می‌کند؛ بااین‌حال، رطوبت نسبی بالا برای جلوگیری از کاهش وزن و چروکیدگی انگور ضروری است و باید با تهویه مناسب و جلوگیری از تشکیل رطوبت آزاد در سطح میوه همراه باشد. رعایت تهویه مناسب و جلوگیری از نوسانات دمایی نیز اهمیت زیادی دارد (Wills and Golding, 2016).

۷- پرتودهی:

پرتودهی یکی از فناوری‌های نوین برای افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات انگور است. در این روش، محصول در معرض تابش‌های یونیزان، عمدتاً گاما، پرتو الکترونی[1] یا پرتو ایکس[2] در دز کنترل‌شده قرار می‌گیرد. این تابش‌ها با کاهش بار میکروبی سطح میوه و مهار یا به‌تأخیر انداختن رشد عوامل بیماری‌زا، به‌ویژه قارچ‌های مولد پوسیدگی، می‌توانند ماندگاری انگور را افزایش دهند. از مزایای پرتودهی این است که در دزهای مناسب، بدون ایجاد افزایش قابل‌توجه دمای محصول، امکان تیمار انگور را فراهم می‌کند. بااین‌حال، انتخاب نوع تابش و دز مناسب باید باتوجه‌به رقم انگور، مرحله رسیدگی و هدف تیمار انجام شود؛ زیرا دزهای نامناسب ممکن است موجب تغییرات نامطلوب در بافت، رنگ یا ویژگی‌های حسی محصول شوند. استفاده از پرتودهی در کنار زنجیره سرد و بسته‌بندی مناسب می‌تواند اثربخشی آن را در کاهش ضایعات افزایش دهد (Guo, 2023).

۸- پوشش‌های خوراکی و زیست‌تجزیه‌پذیر:

استفاده از پوشش‌هایی مانند کیتوسان، ژل آلوئه‌ورا و روغن‌های اسانس گیاهی موجب کاهش وزن میوه، کنترل رشد عوامل بیماری‌زا و حفظ کیفیت محصول می‌شود. این پوشش‌ها به دلیل سازگاری با محیط‌زیست، موردتوجه بسیاری از برنامه‌های نوین نگهداری قرار گرفته‌اند (Teymoorian *et al.*, 2024).

۹- استفاده از هوش مصنوعی:

سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و حسگرهای هوشمند امکان پایش مداوم شرایط نگهداری و پیش‌بینی فساد محصول را فراهم می‌کنند. این فناوری‌ها به مدیریت بهتر سردخانه، حمل‌ونقل و توزیع محصول کمک کرده و ضایعات را به حداقل می‌رسانند. همچنین، حسگرهای هوشمند داخل بسته‌بندی می‌توانند علائم اولیه فساد را تشخیص دهند و به‌طور خودکار اقداماتی مانند تنظیم گاز یا آزادسازی مواد ضدمیکروبی را انجام دهند (شکل ۲). این فناوری‌ها باعث افزایش عمر ماندگاری انگور، کاهش ضایعات و ساده‌تر شدن مدیریت و زنجیره تولید می‌شوند.

[1] Electron Beam

[2] X-ray

توصیه ترویجی

- برای کاهش ضایعات انگور، باغداران و فعالان زنجیره تولید باید مجموعه‌ای از اقدامات مدیریتی را به‌صورت یکپارچه اجرا کنند. رعایت اصول بهداشت باغ، کنترل بیماری پوسیدگی خاکستری، هرس مناسب و مدیریت صحیح آبیاری از مهم‌ترین اقدامات پیش از برداشت هستند. برداشت محصول باید در ساعات خنک روز و با استفاده از ابزار مناسب انجام شود تا از آسیب به حبه‌ها جلوگیری گردد.
- انتقال سریع محصول به محل پیش سردسازی و سردخانه، مهم‌ترین اقدام پس از برداشت محسوب می‌شود. هرگونه تأخیر در خنک‌سازی باعث افزایش سرعت فساد و کاهش عمر نگهداری محصول خواهد شد. استفاده از بسته‌بندی مناسب و حفظ زنجیره سرد در تمامی مراحل حمل‌ونقل و نگهداری ضروری است.
- بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده، پوشش‌های خوراکی، سامانه‌های هوشمند پایش کیفیت و روش‌های نوین کنترل بیماری‌ها می‌تواند نقش مهمی در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری انگور داشته باشد.
- توصیه می‌شود برنامه‌های آموزشی و ترویجی باهدف انتقال این دانش فنی به باغداران، بهره‌برداران و فعالان زنجیره تولید توسعه یابد. اجرای این راهکارها ضمن کاهش ضایعات، موجب افزایش درآمد تولیدکنندگان، ارتقای کیفیت محصول، بهبود توان رقابت در بازارهای داخلی و صادراتی و استفاده بهینه از منابع تولید خواهد شد.

منابع

۱. مفتون آزاد , ن . (۱۳۹۸). مدیریت پس از برداشت ضایعات انگور .مدیریت ضایعات و پسماندهای کشاورزی. ۱(۱). ۲۵-۲۰.

۲. گلشن تفتی، ا. ف. (۱۳۹۶). کاهش ضایعات پس از برداشت در میوه‌ها و سبزی‌ها. تهران: نشر آموزش کشاورزی.

۳. مرادی‌نژاد، ف.، و واعظزاده، ع. (۱۴۰۱). فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت محصولات باغی (میوه‌ها، سبزیجات، گیاهان دارویی و زینتی). بیرجند: انتشارات دانشگاه بیرجند.

4. Blanckenberg, A.; Opara, U.L.; Fawole, O.A. 2021. Postharvest Losses in Quantity and Quality of Table Grape (cv. Crimson Seedless) along the Supply Chain and Associated Economic, Environmental and Resource Impacts. Sustainability, 13, 4450.
5. Guo, X. (2023). Effect of electron accelerator X-ray treatment on the preservation of winter jujube and development of a shelf-life prediction model, Northwest A&F University. Northwest A&F University Repository.
6. Kaya, O., Yilmaz, T., Ates, F., Kustutan, F., Hatterman-Valenti, H., Hajizadeh, H. S., & Turan, M. (2024). Improving organic grape production: the effects of soil management and organic fertilizers on biogenic amine levels in Vitis vinifera cv.,'Royal'grapes. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 11(1), 38.
7. Teymoorian, M., Moghimi, R., Hosseinzadeh, R., Zandi, F., & Lakouraj, M. M. (2024). Fabrication the emulsion-based edible film containing Dracocephalum kotschyi Boiss essential oil using chitosan–gelatin composite for grape preservation. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 7, 100444.
8. Wills, R., & Golding, J. (2016). Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. UNSW press.
9. Yang, S. (2022). Investigation of the preservation efficacy of electron beam irradiation on kiwifruit, Northwest A&F University. Northwest A&F University Repository.
10. Zou, Y., Wu, J., Meng, X., Wang, X., & Manzardo, A. (2025). Digital twin integration for dynamic quality loss control in fruit supply chains. Journal of Food Engineering, 397, 112577.

Identifying the Factors Affecting Grape Waste in the Production Chain

Mansoreh Hasanzadeh Naemi[1*] *& Sakineh faraji*[2]

Abstract

Grapes are one of the most important horticultural products in Iran and play an important role in the country's agricultural sector due to their economic, nutritional, and export value. Despite significant annual production, a considerable portion of the product suffers from quality and quantity losses throughout the production chain, from the vineyard to the consumer market. The high susceptibility of grapes to mechanical damage, moisture loss, and fungal contamination, especially gray rot caused by the fungus *Botrytis cinerea*, are among the most important factors contributing to reductions in product quality, quantity, and marketability. An examination of the factors contributing to postharvest losses shows that most losses result from improper management during production, harvesting, precooling, packaging, transportation, and storage. Appropriate vineyard management practices, proper harvesting, rapid cooling, maintenance of the cold chain after harvest, and the use of modern storage technologies can play an effective role in reducing losses. Technologies such as modified atmosphere packaging, edible and biodegradable coatings, irradiation, and intelligent systems based on artificial intelligence can help extend shelf life and maintain grape quality. The results show that sustainably reducing grape losses requires an integrated approach across the entire production chain, in which supply chain management, modern postharvest technologies, and intelligent quality-monitoring systems are used synergistically. Implementing these solutions will not only increase producers' income but also reduce resource waste and improve production sustainability.

Keywords: Grapes, post-harvest waste, packaging, cold storage

[1]* Research Assistant Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.
[2] Research Assistant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran.