



تحلیل عوامل مؤثر بر ضایعات محصولات باغبانی در طی زنجیره تأمین

منصوره حسن زاده نعیمی*

۱- استادیار، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۰

چکیده

محصولات باغبانی به دلیل فسادپذیری بالا، تنفس شدید و حساسیت فیزیکی و فیزیولوژیک، از مرحله تولید تا مصرف با بالاترین میزان ضایعات در میان محصولات کشاورزی مواجهه اند. برآوردها نشان می دهد که مقدار قابل توجهی از میوه ها و سبزیجات در کشورهای در حال توسعه پیش از رسیدن به دست مصرف کننده از بین می روند، که بخش عمده آن مربوط به مراحل برداشت و پس از برداشت است. ضایعات در این محصولات می تواند به صورت کمی یا کیفی بروز نماید و منشأ آن در تمام مراحل زنجیره تأمین، قابل شناسایی است. عواملی نظیر الگوی نامناسب کشت، برداشت نابهنگام، تجهیزات نامناسب، مدیریت ضعیف دما و رطوبت، حمل و نقل غیراستاندارد، بسته بندی ناکارآمد، و ضعف در شبکه بازاریابی و فرهنگ مصرف، از مهم ترین دلایل ایجاد ضایعات باغبانی به شمار می روند. با وجود توسعه فناوری هایی مانند برداشت مکانیزه دقیق، سامانه های خنک سازی کم هزینه، پوشش های خوراکی، بسته بندی هوشمند و ابزارهای نظارت محیطی مبتنی بر اینترنت اشیا، بهره برداران کوچک مقیاس هنوز دسترسی محدودی به این راهکارها دارند. از این رو، کاهش ضایعات تنها از مسیر توسعه فناوری ممکن نیست؛ بلکه نیازمند یک چارچوب جامع شامل سیاست گذاری هدفمند، ترویج فرهنگ مصرف، مدیریت کارآمد و همچنین تبدیل پسماندهای باغبانی به محصولات ثانویه و ارزشمند است. این مطالعه با رویکردی تحلیلی، عوامل مؤثر بر ضایعات محصولات باغبانی را در تمام مراحل زنجیره تأمین بررسی کرده و ضمن مرور فناوری ها و نوآوری های نوین، راهکارهای اجرایی، سیاستی و ترویجی لازم جهت کاهش ضایعات را ارائه می کند. نتایج نشان می دهد که ترکیب راه حل های فناورانه با سیاست گذاری اثربخش و فرهنگ سازی مصرف، می تواند کاهش پایدار ضایعات باغبانی و افزایش بهره وری نظام تولید را به طور قابل توجهی تضمین کند.

واژگان کلیدی: امنیت غذایی، پیش سردادهی، زنجیره تأمین، ضایعات.

Analysis of factors affecting horticultural product waste throughout the supply chain

Mansoreh Hasanzadeh Naemi^{1*}

1- Assistant Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Received: June 2026

Accepted: October 2026

Abstract

Horticultural products face the highest level of waste among agricultural products from production to consumption due to their high perishability, intense respiration, and physical and physiological sensitivity. Estimates show that a significant amount of fruits and vegetables in developing countries are lost before reaching the consumer, most of which is related to the harvesting and post-harvest stages. Waste in these products can occur quantitatively or qualitatively and its origin can be identified at all stages of the supply chain. Factors such as inappropriate cultivation patterns, untimely harvesting, inappropriate equipment, poor temperature and humidity management, substandard transportation, inefficient packaging, and weaknesses in the marketing network and consumption culture are among the most important reasons for horticultural waste. Despite the development of technologies such as precision mechanized harvesting, low-cost cooling systems, edible coatings, smart packaging, and IoT-based environmental monitoring tools, small-scale producers still have limited access to these solutions. Therefore, waste reduction is not possible through technological development alone; it requires a comprehensive framework including targeted policymaking, promoting consumption culture, efficient management, and converting horticultural waste into secondary and valuable products. This study, with an analytical approach, examines the factors affecting horticultural product waste at all stages of the supply chain and, while reviewing new technologies and innovations, provides the necessary implementation, policy, and promotional solutions to reduce waste. The results show that combining technological solutions with effective policymaking and consumer culture promotion can significantly ensure a sustainable reduction in horticultural waste and increase the productivity of the production system.

Keywords: Food Security, Pre-cooling, Supply Chain, Waste.

۱- مقدمه

امنیت غذایی به عنوان یکی از چالش‌های اساسی جهان امروز، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، تحت تأثیر مستقیم ضایعات مواد غذایی قرار دارد. ضایعات بالا علاوه بر کاهش دسترسی به غذا، موجب اتلاف سرمایه، انرژی، آب و نهاده‌های کشاورزی شده و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل توجهی به همراه دارد. از این رو، بسیاری از کشورها از جمله هلند، دانمارک، ژاپن و استرالیا با تدوین برنامه‌های ملی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در بسته‌بندی، مدیریت پس از برداشت و بهینه‌سازی زنجیره تأمین توانسته‌اند میزان ضایعات را به طور چشمگیری کاهش دهند. گزارش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه، بیشترین سهم ضایعات در مراحل برداشت و پس از برداشت رخ می‌دهد؛ مرحله‌ای که علی‌رغم اهمیت بالا، غالباً کمتر مورد مدیریت علمی قرار گرفته‌اند (FAO, 2023). محصولات باغبانی به دلیل فسادپذیری بالا و حساسیت به تغییرات محیطی، اگر در مراحل قبل از برداشت، برداشت، حمل‌ونقل، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی به صورت اصولی مدیریت نشوند، با میزان قابل توجهی از تلفات در مرحله پس از برداشت مواجه خواهند شد. به همین دلیل، مدیریت صحیح قبل از برداشت، نقش اساسی در حفظ کیفیت، افزایش ماندگاری و ارتقای ارزش اقتصادی محصولات باغبانی در مرحله پس از برداشت دارد. مطالعات نشان می‌دهند که ضایعات پس از برداشت در بسیاری از کشورهای در حال توسعه با به کارگیری فناوری و روش‌های بهینه قابل پیشگیری است (Ridolfi et al., 2018; Kitinoja, 2020). یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد ضایعات، زمان و روش نامناسب برداشت است. برداشت زودهنگام یا دیرهنگام میوه‌ها و سبزیجات، به کاهش کیفیت، افزایش فسادپذیری و کوتاه شدن عمر انباری منجر می‌شود (Pokhrel, 2021). پس از برداشت نیز محصولات همچنان زنده هستند و ادامه فرآیندهای متابولیکی در آن‌ها در صورت فقدان دمای مناسب، رطوبت نسبی کنترل‌شده، تهویه کافی و بهداشت مناسب، زمینه رشد عوامل بیماری‌زا و فساد میکروبی را فراهم می‌کند (Adhikari et al., 2021). علاوه بر مدیریت ضعیف در مزرعه و انبارداری، نبود تجهیزات فرآوری و بسته‌بندی مناسب، کمبود

فناوری‌های خنک‌سازی، ضعف زیرساخت‌های لجستیک سرد و ناکارآمدی سامانه‌های بازاریابی از عوامل ساختاری مؤثر بر افزایش ضایعات محسوب می‌شوند (FAO, 2023; Yahia et al., 2019). مطابق آمار FAO سالانه حدود ۱/۳ میلیارد تن مواد غذایی در جهان هدر می‌رود که بخش قابل توجهی از آن مربوط به محصولات تازه و فسادپذیر است (FAO, 2023). در سال‌های اخیر، فناوری‌های نوین مانند پوشش‌های خوراکی، بسته‌بندی هوشمند، سنسورهای تشخیص فساد، سامانه‌های کم‌هزینه خنک‌سازی، اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره سرد و پیش‌بینی فساد، به عنوان ابزارهای کارآمد در کاهش ضایعات معرفی شده‌اند. با توجه به محدود بودن داده‌های دقیق در خصوص میزان ضایعات محصولات باغبانی در ایران و سهم هر یک از مراحل زنجیره تأمین، ضرورت ایجاد نظام پایش و تحلیل جامع، بیش از پیش احساس می‌شود. هدف این مقاله، بررسی عوامل مؤثر بر ضایعات محصولات باغبانی در طول زنجیره تأمین، شامل عوامل فنی، مدیریتی و ساختاری نظیر الگوی نامناسب کشت، محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها، ضعف زیرساخت‌های بازاریابی داخلی و بین‌المللی، تحلیل پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها و ارائه راهکارهای مدیریتی، فناورانه و سیاستی برای کاهش ضایعات و ارتقای بهره‌وری در بخش باغبانی است؛ به گونه‌ای که بتواند مبنایی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌سازی ملی در مسیر تقویت امنیت غذایی کشور باشد.

۱-۱- آمار جهانی ضایعات محصولات باغبانی

در پاسخ به چالش ضایعات، سازمان ملل متحد در چارچوب اهداف توسعه پایدار (SDG 12.3) متعهد شده است تا میزان ضایعات غذایی را تا سال ۲۰۳۰ به نصف کاهش دهد. این هدف کلان، زمینه‌ساز شکل‌گیری برنامه‌ها و سیاست‌های جامع در سطح ملی و بین‌المللی شده است که به دنبال کاهش ضایعات در تمامی مراحل زنجیره تأمین محصولات باغبانی هستند. در همین راستا، کشورهای مختلف جهان، برنامه‌ها و سیاست‌های کلان را طراحی کرده‌اند تا با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی زنجیره تأمین، فناوری‌های نوین و آموزش‌های هدفمند، ضایعات محصولات باغبانی را کاهش دهند. اهمیت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ضایعات محصولات

کل ضایعات غذایی مربوط است و نمی‌توان آن را به‌طور مستقیم به محصولات باغبانی تعمیم داد؛ با این حال، کاهش ضایعات محصولات باغبانی می‌تواند با کاهش مصرف منابع و انتشار گازهای گلخانه‌ای در زنجیره تأمین، در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی مؤثر باشد (IPCC, 2022; UNEP, 2024).

۱-۲- مفاهیم بنیادین و چارچوب‌های نظری

ضایعات

ضایعات کشاورزی مفهومی چندبعدی است که از منظر سازمان‌های بین‌المللی و پژوهشگران، به هرگونه کاهش در کمیت، کیفیت، ایمنی یا قابلیت دسترسی یک محصول اطلاق می‌شود که مانع ورود آن به چرخه مصرف انسانی گردد (UNEP, 2022). در ادبیات علمی، ضایعات به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن بخشی از محصول بر اثر افت کیفیت، خسارت فیزیکی یا ناکارآمدی مدیریتی از دست می‌رود و جبران آن هزینه‌ای بیش از ارزش محصول از دست‌رفته ایجاد می‌کند (Sheahan and Barrett, 2020). از دیدگاه پژوهشی، ضایعات در دو طبقه اصلی تحلیل می‌شوند، ضایعات پیش‌از برداشت که ناشی از مدیریت ناکارآمد مزرعه، تغذیه نامناسب، تنش‌های اقلیمی، بیماری‌ها و آفات است و ضایعات پس‌از برداشت که در مرحله برداشت، درجه‌بندی، بسته‌بندی، ذخیره‌سازی، فرآوری، حمل‌ونقل و بازاریابی رخ می‌دهد (Hodges *et al.*, 2011; Yahia, 2019). ضایعات محصولات باغبانی به دو ماهیت اصلی تقسیم می‌شوند، ضایعات کمی^۱ که کاهش وزن، حجم یا ماده خشک محصول است که به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری می‌باشد. این نوع ضایعات عمدتاً ناشی از تنفس شدید، تبخیر، زوال بافت، ریزش میوه، صدمات مکانیکی و فساد میکروبی هستند (Ridolfi *et al.*, 2018) و ضایعات کیفی^۲ که شامل کاهش ارزش تغذیه‌ای، کاهش بازارپسندی، تغییر رنگ، کاهش طعم و افت ایمنی محصول است و عوامل فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و میکروبی در آن نقش دارند (Geislar, 2020). از سوی دیگر، در ادبیات علمی تمایز روشنی بین اتلاف و ضایعات وجود دارد.

باغبانی نه تنها به معنای از دست رفتن بخشی از تولید است، بلکه پیامدهایی چندبعدی دارد. ضایعات مستقیم به معنای کاهش درآمد باغداران، افزایش هزینه‌های تولید و کاهش بهره‌وری سرمایه است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه، کاهش تنها ۱۰ درصد از ضایعات می‌تواند میلیون‌ها دلار صرفه‌جویی اقتصادی ایجاد کند (Khan *et al.*, 2024). با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضای مواد غذایی سالم، ضایعات می‌توانند امنیت غذایی را تهدید کنند. کمبود عرضه باعث افزایش قیمت می‌شود و دسترسی اقشار کم‌درآمد به محصولات سالم محدود می‌گردد (Ambuko *et al.*, 2025). همچنین کاهش ضایعات فرصت‌های شغلی جدید در حوزه‌های پس از برداشت ایجاد می‌کند. از منظر اقتصادی ضایعات محصولات باغبانی علاوه بر کاهش درآمد کشاورزان، سبب کاهش توان صادراتی، افزایش قیمت محصولات و نارضایتی مصرف‌کنندگان می‌شود. از منظر زیست محیطی ضایعات با اتلاف آب، خاک و انرژی همراه است. در ایران که با محدودیت منابع آب مواجه هستیم، ضایعات باغبانی منجر به فشار مضاعف بر منابع آبی و تخریب محیط زیست می‌شود. از منظر اجتماعی، ضایعات باعث کاهش رفاه جامعه می‌شود؛ زیرا هزینه‌های بالاتر تولید و عرضه به شکل افزایش قیمت نهایی بر دوش مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. همچنین، وجود ضایعات زیاد می‌تواند اعتماد عمومی به کارایی بخش کشاورزی و نظام بازاریابی را کاهش دهد. تحقیقات اخیر نشان داده است که کاهش ضایعات می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش اثرات زیست‌محیطی کشاورزی و رسیدن به اهداف توسعه پایدار باشد (Ali *et al.*, 2025). همچنین، ضایعات محصولات باغبانی از طریق اتلاف منابعی مانند آب، انرژی، نهاده‌های کشاورزی و زمین، و نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای در مراحل تولید، حمل‌ونقل، نگهداری و دفع پسماند، در افزایش اثرات زیست‌محیطی نقش دارند. اگرچه برآورد شده است که ضایعات غذایی در مجموع حدود ۸ تا ۱۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی را به خود اختصاص می‌دهند، این رقم به

² Qualitative Losses

¹ Quantitative Losses

بین‌المللی و مشکلات ناشی از تحریم‌های اقتصادی، ضعف زیرساخت‌های حمل‌ونقل و زنجیره سرد، کمبود صنایع فرآوری، نوسانات شدید قیمت، نبود نظام بازاریابی کارآمد و ضعف هماهنگی میان تولیدکنندگان، واسطه‌ها و مصرف‌کنندگان نیز نقش مهمی در افزایش ضایعات محصولات باغبانی دارند. این عوامل موجب افزایش فاصله زمانی بین برداشت تا مصرف، کاهش کیفیت محصول و محدود شدن فرصت عرضه در بازارهای داخلی و خارجی می‌شوند (FAO, 2023; UNEP, 2024).

۱-۳-۲- اهمیت انتخاب ارقام سازگار و کم‌ضایعه در

مرحله کاشت

انتخاب رقم مناسب، نخستین و بنیادی‌ترین عامل در مدیریت ضایعات محصولات باغبانی است. هر رقم دارای ویژگی‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی متفاوتی است که بر رشد، ماندگاری، حساسیت به آفات، رفتار پس از برداشت و قابلیت حمل‌ونقل آن اثر می‌گذارد. ارقام سازگار با اقلیم منطقه (از نظر نیاز سرمایی، تحمل تنش خشکی، گرما، و زمان گلدهی) محصولی باکیفیت‌تر و یکنواخت‌تر تولید می‌کنند و در برابر سرمازدگی، بادزدگی و تنش‌های محیطی، مقاومت بیشتری نشان می‌دهند. ارقام اصلاح‌شده که برای مقاومت به بیماری‌ها، سختی بافت، ماندگاری بیشتر و قابلیت انبارداری بهتر پرورش یافته‌اند، در کاهش فساد، ضربه‌پذیری و تنفس بعد از برداشت نقش مهمی دارند. انتخاب رقم باید علاوه بر شرایط محیطی، بر اساس نیاز بازار داخلی و صادراتی نیز انجام شود، زیرا برخی ارقام ذاتاً دوره نگهداری طولانی‌تر، سفتی بافت مناسب‌تر و تحمل بیشتری در حمل‌ونقل دارند. این ویژگی‌ها امکان عرضه بدون کاهش کیفیت و کاهش برگشتی محصول از بازار را افزایش می‌دهد (Khan et al., 2024). در مجموع، رقمی برای کاهش ضایعات مطلوب است که در مزرعه عملکرد بالا و سالم داشته باشد و در کل مسیر از برداشت تا فروش، کمترین حساسیت را به فساد میکروبی، آسیب مکانیکی و تغییرات فیزیولوژیکی نشان دهد.

اتلاف عمدتاً در مراحل تولید، برداشت، نگهداری و فرآوری رخ می‌دهد و اغلب به نارسایی‌های زیرساختی و مدیریتی مرتبط است (Gooch and Felfel, 2020; Yahia et al., 2019). در مقابل، ضایعات بیشتر در مراحل نهایی مانند توزیع، خرده‌فروشی و مصرف‌کننده دیده می‌شود و به رفتار مصرفی و ناکارآمدی نظام بازاریابی وابسته است (Lipinski et al., 2017). شناخت این تمایز برای سیاست‌گذاری دقیق و انتخاب مداخله‌های مؤثر ضروری است. علاوه بر ضایعات، واژه زائدات^۱ شامل بخش‌های غیرخوراکی و طبیعی محصول مانند برگ، دم‌میوه، هسته، شاخه‌های کوچک و قطعاتی است که در فرآوری حذف می‌شوند.

۱-۳-۳- مهمترین علل دخیل در حجم بالای

ضایعات محصولات باغبانی

۱-۳-۱- الگوی نامناسب کشت و تولید بدون توجه

به نیاز بازار

یکی از مهم‌ترین عوامل ساختاری مؤثر بر افزایش ضایعات محصولات باغبانی، الگوی نامناسب کشت و تولید بدون توجه به نیاز بازار است. در بسیاری از مناطق، تصمیم‌گیری درباره نوع و سطح زیرکشت بیشتر بر اساس تجربه سال‌های گذشته، قیمت‌های مقطعی یا ترجیحات کشاورزان انجام می‌شود و کمتر بر پایه اطلاعات بازار، ظرفیت صنایع تبدیلی، امکانات نگهداری، تقاضای صادراتی و نیاز واقعی مصرف‌کنندگان است. این وضعیت موجب تولید مازاد برخی محصولات در دوره‌های زمانی مشخص، اشباع بازار، کاهش شدید قیمت و در نهایت برداشت‌نشدن یا دورریز بخش قابل‌توجهی از محصولات می‌شود. ازاین‌رو، نبود نظام کارآمد برای برنامه‌ریزی تولید، توسعه کشاورزی قراردادی، پیش‌بینی تقاضا و مدیریت بازار، یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش ضایعات محصولات باغبانی در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، محسوب می‌شود (FAO, 2023; OECD and FAO, 2024). علاوه بر الگوی نامناسب کشت، عواملی مانند محدودیت دسترسی به بازارهای

¹ By-products

۱-۳-۳- مدیریت داشت و نقش آن در کاهش

ضایعات محصولات باغبانی

الف) مدیریت تغذیه و آبیاری: تعادل عناصر غذایی و برنامه‌ریزی صحیح آبیاری از عوامل کلیدی در تولید محصول باکیفیت و دارای ماندگاری بالا هستند. کمبود برخی عناصر مانند کلسیم در سیب، موجب بروز اختلالات فیزیولوژیک نظیر لکه تلخ، افزایش ریزش و کاهش عمر انباری می‌شود؛ در مقابل، مصرف بیش‌ازحد نیتروژن باعث افزایش شادابی بافت و کاهش استحکام سلولی می‌شود و حساسیت میوه را به پوسیدگی‌های قارچی پس از برداشت تشدید می‌کند (Sun *et al.*, 2025). از سوی دیگر، آبیاری بیش‌ازحد یا آبیاری نامنظم، سبب افزایش ترکیدگی، کاهش مواد جامد محلول، رقیق شدن ترکیبات متابولیت ثانویه و در نهایت افت کیفیت ظاهری و انباری میوه می‌شود. تدوین برنامه تغذیه‌ای مبتنی بر آزمون خاک و برگ، استفاده تلفیقی از کودهای آلی، زیستی و معدنی، و بهره‌گیری از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، به‌طور قابل‌توجهی کیفیت و قابلیت انبارداری محصول را افزایش می‌دهند (Sun *et al.*, 2025).

ب) آفات و بیماری‌ها: آفات و بیماری‌ها علاوه بر کاهش کمی عملکرد، از طریق ایجاد خسارت‌های سطحی، لکه‌دارشدگی، کاهش یکنواختی و افزایش حساسیت به فساد، نقش مستقیمی در کاهش کیفیت و بازارپسندی دارند. مدیریت تلفیقی آفات^۱ با ترکیب روش‌های زیستی، زراعی، فیزیکی و در صورت ضرورت شیمیایی، رویکردی اثربخش برای کنترل جمعیت آفات بدون ایجاد پسماند اضافی در محصول محسوب می‌شود. مدیریت تلفیقی موجب کاهش مصرف سموم، افزایش سلامت محصول و ارتقای عمر پس از برداشت می‌شود (Ambuko *et al.*, 2025).

ج) مدیریت عمومی باغ: عملیات مدیریتی همچون هرس، مدیریت نور و سایه‌اندازی، کنترل علف‌های هرز و انجام تنک میوه، نقش اساسی در یکنواختی کیفیت و کاهش ضایعات دارند. همچنین تنظیم باردهی، بهبود تهویه درون تاج، و مدیریت نوررسانی، موجب افزایش کیفیت فیزیولوژیک

میوه و کاهش ضایعات در مراحل پس از برداشت می‌شود (Khan *et al.*, 2024).

۱-۳-۴- برداشت محصولات باغبانی

بلوغ فیزیولوژیک محصول نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت و ماندگاری پس از برداشت دارد (Pokhrel, 2021). برداشت زودهنگام موجب کاهش طعم و ارزش تغذیه‌ای می‌شود، در حالی که برداشت دیرهنگام منجر به نرم‌شدگی بیش از حد و فساد سریع می‌گردد (FAO, 2008). استفاده از شاخص‌های علمی مانند رنگ، سفتی و نسبت قند به اسید، به جای برداشت سنتی، می‌تواند کیفیت محصول و ماندگاری آن را افزایش دهد. همچنین، شرایط محیطی هنگام برداشت مانند دمای بالا یا بارندگی، می‌تواند احتمال آلودگی میکروبی و ضایعات را افزایش دهد (Ridolfi *et al.*, 2018). برداشت غیر اصولی، استفاده از تجهیزات نامناسب و جابجایی خشن محصول، باعث صدمات مکانیکی و افزایش حساسیت میوه‌ها به فساد می‌شوند (Ambuko *et al.*, 2025). در محصولات حساس و با ارزش تازه‌خوری، برداشت دستی با استفاده از قیچی‌های باغبانی استاندارد، ظروف و سبدهای کم‌عمق و رعایت اصول صحیح جابه‌جایی، می‌تواند آسیب‌های مکانیکی را به میزان قابل‌توجهی کاهش داده و کیفیت پس از برداشت را حفظ کند (Kader, 2002; Yahia *et al.*, 2024). در مقابل، برداشت مکانیزه عمدتاً برای محصولات یا ارقامی به‌کار می‌رود که حساسیت کمتری به آسیب‌های مکانیکی دارند یا برای فرآوری صنعتی تولید می‌شوند. به‌عنوان مثال، در مرکبات، برداشت مکانیزه عمدتاً برای میوه‌های مورد استفاده در صنایع فرآوری (مانند تولید آب میوه) کاربرد دارد، در حالی که برای بازار تازه‌خوری معمولاً برداشت دستی ترجیح داده می‌شود. همچنین در زیتون، برداشت مکانیزه بیشتر در ارقام روغنی رایج است، در حالی که ارقام کنسروی به‌دلیل حساسیت به ضربه، عمدتاً به‌صورت دستی برداشت می‌شوند. بنابراین، انتخاب روش برداشت باید بر اساس نوع محصول، رقم، هدف مصرف و استانداردهای بازار انجام گیرد (FAO, 2023; Ferguson *et al.*, 2022). فناوری‌های نوین مانند

¹ Integrated Pest Management (IPM)

هزینه متوسط دارد و در کشورهای پیشرفته و مراکز صنعتی ایران به صورت محدود استفاده می‌شود (Ganai et al., 2018). پیش‌سرمادهی با آب، در این روش محصولات در آب سرد یا تحت اسپری آب قرار می‌گیرند تا گرمای داخلی آن‌ها سریعاً از بین برود. این روش برای محصولاتی که فضای داخلی زیادی دارند مانند فلفل و گوجه گلخانه‌ای مناسب است. پیش‌سرمادهی با آب، سرعت بالایی دارد و اقتصادی است، ولی مصرف آب و نیاز به ضدعفونی مناسب، هزینه عملیاتی را افزایش می‌دهد (Akbudak, 2012). پیش‌سرمادهی تحت خلأ که با کاهش فشار در محفظه، آب موجود در محصول به بخار تبدیل می‌شود و حرارت داخلی محصول به سرعت کاهش می‌یابد. این روش برای سبزیجات برگی و محصولاتی که سطح بالایی نسبت به حجم دارند مانند کاهو بسیار مناسب است. سرعت کاهش دما بسیار بالا و انرژی بهینه است، اما هزینه اولیه بالاست و در ایران کمتر رایج است (Ganai et al., 2018). به طور خلاصه، پیش‌سرمادهی مهم‌ترین مرحله پس از برداشت است، زیرا کاهش سریع گرمای داخلی محصول فعالیت متابولیکی و رشد میکروبی را محدود کرده و ماندگاری و کیفیت محصول را حفظ می‌کند. انتخاب روش مناسب با توجه به نوع محصول، حساسیت به فساد، هزینه و دسترسی به فناوری، کلید کاهش ضایعات پس از برداشت است (Pokhel, 2021; Ganai et al., 2018).

ب) تمیز کردن: پس از برداشت، یکی از مراحل حساس و مهم برای حفظ کیفیت محصولات باغبانی، شستشو و ضدعفونی است. این فرایند برای حذف کثیفی، لاکس، چسبندگی‌ها و ساختارهای عوامل بیماری‌زای خارجی روی محصول ضروری است و نقش قابل توجهی در کاهش ضایعات و پیشگیری از بیماری‌های پس از برداشت دارد (Arah et al., 2016). شستشو معمولاً با استفاده از محلول‌هایی مانند هیپوکلریت سدیم، تیابندازول یا آب کلردار با pH کنترل‌شده انجام می‌شود که باعث کاهش بار میکروبی و حفظ کیفیت محصول می‌شود (Yahia et al., 2019). روش‌های شستشو می‌توانند خشک، مرطوب یا ترکیبی باشند؛ در این فرایند باید مراقبت کافی برای جلوگیری از آسیب مکانیکی، انتقال

ربات‌های برداشت مجهز به سنسورهای تشخیص رنگ و بافت، بازوهای نرم و سیستم بینایی ماشین، قادر به کاهش آسیب مکانیکی و ضایعات پس از برداشت هستند. رعایت زمان مناسب برداشت، جابجایی ملایم محصول، انتقال سریع به محل پیش‌سرد و ضدعفونی ابزارها نیز از عوامل مؤثر در کاهش ضایعات محسوب می‌شوند (Kader, 2002). از نکات مهم در فصول اوج برداشت، هزینه بالای نیروی کار و کمبود کارگر ماهر در زمان برداشت، ضرورت آموزش و به‌کارگیری روش‌های بهینه جابجایی و بسته‌بندی را دوچندان می‌کند (ARCADIS, 2019). عدم آموزش کافی کارگران در برداشت، جابجایی و نگهداری صحیح محصول، استفاده از سبدها و کیسه‌های غیر استاندارد و جابجایی ناصحیح میوه‌ها، موجب آسیب مکانیکی و کاهش کیفیت می‌شود (Yahia et al., 2019).

۱-۴- عوامل مؤثر بر ضایعات پس از برداشت

الف) تکنیک‌های پیش‌سرمادهی: پیش‌سرمادهی، فرآیندی است که حرارت تولیدشده توسط فعالیت متابولیکی محصول برداشت‌شده را سریعاً کاهش می‌دهد تا سرعت تنفس و تولید اتیلن به حداقل برسد و فساد، کاهش آب و تغییرات نامطلوب بافت محصول محدود شود (Ganai et al., 2018). انواع خنک‌کننده‌های رایج عبارتند از:

- پیش‌سرمادهی در اتاق سرد که در آن محصولات در اتاق سرد قرار می‌گیرند تا دمای داخلی آنها به تدریج کاهش یابد، روشی ساده و کم‌هزینه است، اما به دلیل سرعت پایین انتقال حرارت، برای محصولات بسیار فسادپذیر یا مناطق گرمسیری کارایی کمتری دارد (Kader, 2002; Ganai et al., 2018). این روش در ایران و بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بیشتر برای مرکبات و سیب استفاده می‌شود.

- پیش‌سرمادهی با هوای اجباری^۱ که هوا با فشار از بین محصولات عبور می‌کند و حرارت داخلی محصول سریعاً کاهش می‌یابد. این روش نسبت به خنک‌کننده اتاق سرعت بالاتری دارد و برای محصولاتی با حساسیت متوسط تا بالا، مانند سبزیجات برگی و میوه‌های بسته‌بندی‌شده، کاربرد دارد.

¹ Forced Air Cooling

بیماری‌ها و استفاده از آب سالم همراه با کنترل سطح مواد ضدعفونی‌کننده صورت گیرد، زیرا هرگونه خراش یا ترک در بافت محصول می‌تواند موجب فساد سریع‌تر شود (Kader, 2002; Yahia et al., 2019; FAO, 2023).

ج) مرتب‌سازی و درجه‌بندی: در این فرایند، میوه‌ها و سبزیجات آسیب‌دیده، بیمار یا پوسیده از محصولات سالم جدا می‌شوند تا انتشار بیماری و تولید اتیلن کنترل شود و ماندگاری محصول افزایش یابد (Arah et al., 2016). درجه‌بندی محصولات بر اساس ویژگی‌هایی مانند اندازه، شکل، رنگ و مرحله بلوغ انجام می‌شود و به تفکیک کالاهای بیش از حد رسیده و نارس کمک می‌کند. با این حال، کمبود امکانات ذخیره‌سازی، استانداردهای ملی ضعیف و محدودیت‌های مالی می‌تواند اثربخشی سورتینگ را کاهش دهد.

د) بسته‌بندی: فرایند بسته‌بندی از محصولات در برابر آسیب‌های مکانیکی، آلودگی‌های خارجی، و شرایط محیطی نامناسب محافظت می‌کند. بسته‌بندی مناسب موجب کنترل تنفس و تعرق محصولات می‌شود که این امر به حفظ تازگی و ماندگاری آن‌ها کمک می‌کند. انواع بسته‌بندی‌هایی مانند جعبه‌های مقوایی موج‌دار، سینی‌های پلاستیکی، کیسه‌های نایلونی، جعبه‌های چوبی، سبدهای بافته‌شده از نخل و کیسه‌های پلی‌اتیلن در کشورهای در حال توسعه برای کاهش ضایعات استفاده می‌شوند (Bhattarai, 2018). با این حال، برخی از مواد بسته‌بندی به‌ویژه آنهایی که تهویه کافی ندارند، می‌توانند باعث افزایش دمای داخلی و ایجاد گرما از طریق تنفس محصول شوند. این امر ممکن است به آسیب‌های مکانیکی و کاهش کیفیت محصول منجر شود (Arah, 2016). در کنار بسته‌بندی‌های سنتی، استفاده از فناوری‌های نوین مانند بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده^۱ و بسته‌بندی فعال برای کاهش ضایعات پس از برداشت در حال گسترش است. این بسته‌بندی با تغییر ترکیب گازهای داخل بسته، تنفس محصول را کنترل کرده و از رشد میکروب‌ها و واکنش‌های تخمیری جلوگیری می‌کند (Mditshwa et al., 2023; Yahia et al., 2024).

این فناوری در حال حاضر به‌ویژه در کشورهای پیشرفته کاربرد گسترده‌ای دارد. در بسته‌بندی‌های فعال و سامانه‌های نوین نگهداری، استفاده از بازدارنده‌های عمل اتیلن نقش مهمی در افزایش عمر نگهداری محصولات باغبانی دارد. امروزه به‌جای جاذب‌های سنتی اتیلن مانند پرمنگنات پتاسیم، از ترکیب ۱-متیل‌سیکلوپروپن^۲ که با نام تجاری SmartFresh™ شناخته می‌شود، به‌طور گسترده در نگهداری تجاری بسیاری از میوه‌های باغی استفاده می‌شود. این ترکیب با اتصال به گیرنده‌های اتیلن و مهار اثرات فیزیولوژیکی آن، سرعت رسیدگی، نرم‌شدن بافت، پیری و بروز اختلالات پس از برداشت را کاهش داده و موجب افزایش عمر نگهداری و حفظ کیفیت محصولات می‌شود (Watkins, 2020; Watkins and Nock, 2022). علاوه بر این، استفاده از بسته‌بندی‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌عنوان یک جایگزین برای پلاستیک‌های سنتی و استفاده از پوشش‌های خوراکی نیز به‌طور قابل‌توجهی موجب افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات پس از برداشت می‌شود (Ali et al., 2025). در این راستا، تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت‌ها می‌توانند خواص ضدباکتریایی ایجاد کرده و عمر نگهداری محصولات را افزایش دهند (Sun et al., 2025). در مجموع، بسته‌بندی مناسب و استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند از کیفیت محصولات محافظت کرده و عمر نگهداری آنها را افزایش دهد، که در نهایت به کاهش ضایعات پس از برداشت کمک می‌کند (FAO, 2023).

ه) انبارداری: تکنولوژی انبارداری یکی از ارکان اصلی حفظ کیفیت محصولات پس از برداشت و جلوگیری از فساد آن‌ها در طول دوره نگهداری است. این فرایند با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی هر محصول باغی، از جمله میوه‌ها و سبزیجات، نیازمند شرایط نگهداری متفاوتی است. تنظیم مناسب دما، رطوبت نسبی و ترکیب گازهای محیط انبار نقش مهمی در کاهش سرعت تنفس، تأخیر در رسیدگی و جلوگیری از افت کیفیت محصولات ایفا می‌کند (Zhang et al., 2023; Yahia et al., 2024).

^۲ 1-Methylcyclopropene; 1-MCP

^۱ Modified Atmosphere Packaging (MAP)

دارد، از جمله زیرساخت‌های نامناسب حمل و نقل، نبود تجهیزات مناسب برای حفظ دما و رطوبت، و آسیب‌های فیزیکی به محصولات در اثر حمل و نقل غیراصولی، به‌ویژه در مناطق روستایی، امکانات حمل و نقل مناسب و جاده‌ها به‌طور کلی کافی نیستند، که این امر منجر به افزایش ضایعات و کاهش کیفیت محصولات می‌شود. برای کاهش تلفات و حفظ کیفیت در طول حمل و نقل، بسته‌بندی صحیح نیز نقش مهمی دارد. میوه‌ها و سبزیجات باید در ظروف با تهویه مناسب و مقاوم در برابر آسیب‌های فیزیکی بسته‌بندی شوند (Ambuko *et al.*, 2025). همچنین، استفاده از جاده‌ها و زیرساخت‌های مناسب در سطح کشور می‌تواند تأثیر زیادی بر کاهش ضایعات داشته باشد.

ز) پوشش‌های خوراکی: پوشش‌های خوراکی به عنوان یک راهکار پایدار برای افزایش عمر مفید و کاهش ضایعات پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات معرفی شده‌اند. این پوشش‌ها لایه‌هایی نازک از پلیمرهای طبیعی زیست‌تخریب‌پذیر هستند که بر روی سطوح میوه‌ها و سبزیجات اعمال می‌شوند تا کیفیت و ماندگاری آن‌ها را افزایش دهند (Galus and Kadzińska, 2023; Sharma *et al.*, 2024). پوشش‌های خوراکی به‌عنوان غشای نیمه‌تراوا عمل کرده و با کاهش تبادل گازی و رطوبت، شرایط نامساعد برای رشد میکروب‌ها را کاهش داده و به‌طور قابل‌توجهی عمر مفید محصولات را طولانی‌تر می‌کنند (Galus and Kadzińska, 2023; Sharma *et al.*, 2024; Nair *et al.*, 2023). این پوشش‌ها علاوه بر افزایش ماندگاری، می‌توانند باعث کاهش تنفس، تولید اتیلن، و جلوگیری از آلودگی میکروبی شوند. مواد اصلی تشکیل‌دهنده پوشش‌های خوراکی شامل پلی‌ساکاریدها (مانند پکتین و سلولز)، پروتئین‌ها (مثل ژلاتین و گلوتن گندم)، و لیپیدها (مانند موم زنبور) هستند (Ali *et al.*, 2025). این فناوری‌ها به‌عنوان یک راه‌حل مؤثر برای افزایش عمر نگهداری میوه‌ها و سبزیجات و کاهش ضایعات پس از برداشت در صنعت کشاورزی مطرح شده‌اند. در نهایت تولید مازاد و عرضه بیش از حد محصولات باغبانی یکی از دلایل اصلی ضایعات پس از برداشت است. برای

فعالیت‌های فیزیولوژیکی محصولات، از جمله تنفس و تعرق آن‌ها دارد (Yahia *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2023). به‌طور کلی، با افزایش دما، سرعت تنفس محصولات افزایش می‌یابد. این امر باعث می‌شود که محصولات سریع‌تر انرژی مصرف کنند و در نتیجه، زودتر خراب شوند (Yahia *et al.*, 2022; Beaudry, 2022). برای مثال، به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، میزان تنفس میوه‌ها دو تا دو و نیم برابر می‌شود (Muthukumar and Selvakumar, 2017). رطوبت کم می‌تواند باعث خشکی میوه‌ها و سبزیجات شود، در حالی که رطوبت زیاد منجر به رشد قارچ‌ها و کپک‌ها گردد. بنابراین، کنترل دقیق رطوبت در انبارها ضروری است (Yaahya and Mardia, 2019). در کشورهای پیشرفته، استفاده از سردخانه‌های مجهز به سیستم‌های کنترل دما و رطوبت برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات رایج است. به‌ویژه، استفاده از روش‌هایی مانند ذخیره‌سازی در اتمسفر کنترل‌شده^۱ و ذخیره‌سازی در اتمسفر اصلاح‌شده^۲ برای جلوگیری از رشد میکروب‌ها و کاهش ضایعات پس از برداشت کاربرد دارد. در ایران، متأسفانه کمبود سردخانه‌های مجهز و هزینه‌های بالای نگهداری باعث شده است که بسیاری از محصولات باغی پس از برداشت در شرایط غیر مناسب نگهداری شوند. این وضعیت منجر به افزایش ضایعات و کاهش کیفیت محصولات می‌شود. به‌ویژه در مناطق روستایی، نبود زیرساخت‌های مناسب و سیستم‌های خنک‌کننده موجب هدررفت محصولات باغی به میزان قابل‌توجهی می‌شود. برای بهینه‌سازی انبارداری، باید شرایط نگهداری برای هر نوع محصول به‌طور جداگانه تنظیم شود. به‌طور مثال، میوه‌هایی مانند سیب و پرتقال که نیاز به دمای پایین‌تری برای نگهداری دارند، باید در دمای دو تا چهار درجه سانتی‌گراد ذخیره شوند، در حالی که برخی دیگر از میوه‌ها نیاز به دمای بالاتری دارند (Sadeghi and Taheri, 2022).

و) حمل و نقل: از آنجایی که محصولات باغی به سرعت فاسد می‌شوند، حمل و نقل صحیح و سریع برای حفظ کیفیت آن‌ها ضروری است. مشکلات متعددی در این مرحله وجود

² Modified Atmosphere Storage - MAS

¹ Controlled Atmosphere Storage - CAS

استاندارد، ممکن است شرایطی را ایجاد کند که منجر به ضایعات یا از بین رفتن بخشی از محصول گردد (Fesenfeld *et al.*, 2020). در نهایت، سیاست‌گذاری در این حوزه با پیچیدگی‌های زیادی مواجه است. این سیاست‌ها نه تنها بر مدیریت ضایعات تأثیر می‌گذارند، بلکه پیامدهایی برای سایر حوزه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی مانند تغییرات اقلیمی، منابع طبیعی، و حفاظت از محیط زیست دارند. به‌طور کلی، کاهش ضایعات محصولات باغبانی نیازمند سیاست‌های مؤثر و هماهنگ، به‌ویژه در سطوح فردی، تجاری و اجتماعی است (Mesiranta *et al.*, 2022).

۱-۵- مهم‌ترین محصولات باغبانی ایران، عوامل اصلی ایجاد ضایعات و راهکارهای کاهش آن

با توجه به تفاوت عوامل ایجاد ضایعات در محصولات مختلف باغبانی، راهکارهای کاهش ضایعات نیز باید متناسب با ویژگی‌های هر محصول تدوین و اجرا شوند. مهم‌ترین عوامل و راهکارهای پیشنهادی برای محصولات اصلی باغبانی ایران در جدول ۱ ارائه شده است.

کاهش این مشکل، همکاری بین تولیدکنندگان و فروشندگان از طریق کشاورزی قراردادی و برنامه‌ریزی دقیق برای پیش‌بینی تقاضا و نیاز بازار ضروری است. فعالیت‌های بازاریابی ناکارآمد، مانند عدم ارائه اطلاعات کافی به مصرف‌کنندگان یا قیمت‌گذاری نامناسب، می‌تواند منجر به عدم فروش برخی محصولات و در نهایت ایجاد ضایعات شود (Yahia *et al.*, 2019). همچنین، نوسانات قیمت و تقاضا در بازار باعث ایجاد عدم قطعیت در فرآیند برداشت و بازار می‌شود که می‌تواند موجب انباشته شدن محصول و افزایش ضایعات گردد. استانداردهای خرده‌فروشی نیز از دیگر عوامل مؤثر بر ضایعات هستند. خرده‌فروشی‌ها معمولاً استانداردهایی مانند اندازه، رنگ، شکل و یکنواختی ظاهر محصول را برای پذیرش کالا تعیین می‌کنند که این امر می‌تواند منجر به دور ریختن محصولات با کیفیت مناسب اما ظاهراً غیر استاندارد شود (Messner *et al.*, 2021). علاوه بر این، مقررات دولتی و سیاست‌های ناکافی در حوزه ضایعات مواد غذایی می‌تواند ضایعات را افزایش دهد. فرآیندهای نظارتی نامناسب یا فقدان آن‌ها، به‌ویژه در زمینه قیمت‌گذاری، حمل‌ونقل و بسته‌بندی

جدول ۱- مهم‌ترین عوامل و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش ضایعات محصولات اصلی باغبانی ایران.

محصول	مهم‌ترین عوامل ایجاد ضایعات	راهکارهای اولویت‌دار
سیب	برداشت نامناسب، آسیب مکانیکی، انبارداری غیر استاندارد، ضعف بازار	برداشت در زمان مناسب، پیش سرمادهی، استفاده از MCP-1، توسعه سردخانه
مرکبات	برداشت نامناسب، بیماری‌های پس از برداشت، ضعف زنجیره سرد	برداشت صحیح، تیمارهای پس از برداشت، توسعه زنجیره سرد
انگور	آسیب مکانیکی، فساد قارچی، حمل و نقل نامناسب	بسته‌بندی مناسب، پیش سرمادهی، حمل و نقل سرد
کیوی	برداشت زود هنگام یا دیر هنگام، مدیریت نامناسب انبار	تعیین زمان مناسب برداشت، اتمسفر کنترل شده، استفاده از MCP-1
انار	ترکیدگی میوه، آسیب مکانیکی، نگهداری نامناسب	برداشت صحیح، بسته‌بندی مناسب، کنترل شرایط انبار
گوجه‌فرنگی	برداشت در مرحله نامناسب، حمل و نقل، نوسانات بازار	برداشت در بلوغ مناسب، توسعه صنایع تبدیلی، بهبود لجستیک

۲- نتیجه گیری

ضایعات محصولات باغبانی یکی از مهم ترین چالش های زنجیره تأمین کشاورزی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، محسوب می شود و بخش قابل توجهی از آن در مراحل برداشت، عملیات پس از برداشت، بسته بندی، حمل و نقل، انبارداری و بازاریابی رخ می دهد. علاوه بر عوامل فنی، عواملی نظیر الگوی نامناسب کشت، ضعف زیرساخت های زنجیره سرد، نارسایی نظام بازاریابی، محدودیت صنایع فرآوری و سیاست گذاری نامناسب نیز در افزایش ضایعات نقش دارند. این ضایعات علاوه بر کاهش درآمد تولیدکنندگان، موجب اتلاف منابع آب، انرژی، زمین و نهاده های کشاورزی و کاهش امنیت غذایی می شوند. بررسی مطالعات نشان داد که کاهش ضایعات محصولات باغبانی مستلزم اتخاذ رویکردی یکپارچه در کل زنجیره تأمین است. به کارگیری فناوری های نوین پس از برداشت، توسعه زنجیره سرد، استفاده از بسته بندی های نوین، سامانه های هوشمند پایش کیفیت، نانوفناوری و هوش مصنوعی، در کنار آموزش بهره برداران، توسعه کشاورزی

قراردادی، تقویت تعاونی های بازاریابی و اصلاح سیاست های تولید و بازار، از مهم ترین راهکارهای کاهش ضایعات به شمار می روند. سرمایه گذاری در این حوزه علاوه بر افزایش بهره وری و سودآوری بخش باغبانی، می تواند نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی، کاهش ضایعات غذایی و تقویت امنیت غذایی کشور ایفا کند. بنابراین، برای کاهش ضایعات محصولات باغبانی باید اقدامات زیر در اولویت قرار گیرد: آموزش کشاورزان و بهره برداران برای استفاده بهینه از فناوری های نوین و توسعه زیرساخت ها در بخش حمل و نقل و سردخانه ها، استفاده از تکنولوژی های نوین مانند نانوفناوری و هوش مصنوعی، ایجاد شرکت های تعاونی بازاریابی برای کمک به جمع آوری و انتقال محصولات به بازارها، بهبود سیاست گذاری و مدیریت اطلاعات بازاریابی برای کاهش تلفات و ضایعات، توسعه فرآیندهای بسته بندی و زنجیره سرد به منظور حفظ کیفیت محصولات تا زمان مصرف. اجرای این راهکارها نه تنها می تواند به کاهش ضایعات کمک کند، بلکه موجب افزایش سودآوری کشاورزان، صرفه جویی اقتصادی، و حفاظت از منابع طبیعی خواهد شد.

تضاد و تعارض منافع - نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشر شده است، رد می نمایند.

فهرست منابع

- Adhikari, B., & Aarati, G. C. (2021). Post-harvest practices of horticultural crops in Nepal: Issues and management. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 6(2), 227-233.
- Arah, I. K., Ahorbo, G. K., Anku, E. K., Kumah, E. K., & Amaglo, H. (2016). Postharvest handling practices and treatment methods for tomato handlers in developing countries: A mini review. *Advances in Agriculture*, 2016(1), 6436945.
- Ali, M., Ali, A., Ali, S., Chen, H., Wu, W., Liu, R., Chen, H., Ahmed, Z. F. R., & Gao, H. (2025). Global insights and advances in edible coatings or films toward quality maintenance and reduced postharvest losses of fruit and vegetables: An updated review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24, e70103.
- Ambuko, J. L., Masakhwe, S. M., Amwoka, E., & Mujuka, E. (2025). Food loss and waste data gaps in fruit and vegetable value chains: a review. *Frontiers in Horticulture*. 4, 1529040.
- ARCADIS. (2019). National food waste baseline: Final assessment report. *Department of Climate, Change, Energy, the Environment and Water (DCCEEW)*.
- Akbudak, B., Akbudak, N., Seniz, V., & Eris, A. (2012). Effect of pre-harvest harpin and modified atmosphere packaging on quality of cherry tomato cultivars "Alona" and "Cluster". *British Food Journal*, 114(2), 180-196.
- FAO. (2008). Basic Harvest and Postharvest Handling consideration for Fresh Fruits and Vegetables Handling and Preservation. Rome, Italy: FAO 2008.

- FAO. (2023). The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fesenfeld, L., Rudolph, L., & Bernauer, T. (2022). Policy framing, design and feedback can increase public support for costly food waste regulation. *Nature Food*, 3(3), 227-235.
- Geislar, S. (2020). Food waste, consumer behavior and qualitative assessment methods. *Waste Management*, 101, 100–112.
- Gooch, M., & Felfel, A. (2020). Avoidable food waste in primary production: Insights from Canada. Value Chain Management Centre (VCMC).
- Ganai, S. A., Ahsan, H., Tak, A., Mir, M., Rather, A., & Wani, S. (2018). Effect of maturity stages and postharvest treatments on physical properties of apple during storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), 310–316.
- Hodges, R.J., Buzby, J.C., & Bennett, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149, 37-45.
- IPCC, (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press.
- Kader, A.A. (2002). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- Khan, A. A., Siddiqui, Y., Siddique, K. H., Bobo, J. A., & Ali, A. (2024). Minimizing postharvest food losses: a vital strategy to alleviate food insecurity and malnutrition in developing nations: a review. *Discover Food*, 4(1), 145.
- Kitinoja, L. (2020). Innovative solutions for reducing postharvest losses of perishable crops. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 163, 111–118.
- Messner, R., Johnson, H., & Richards, C. (2021). From surplus-to-waste: A study of systemic overproduction, surplus and food waste in horticultural supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123952.
- Muthukumar, M., & Selvakumar, A. (2017). Effect of Temperature on the Respiration Rate of Horticultural Products. *Journal of Agricultural Engineering*, 58(3), 137-144.
- Mesiranta, N. Närvänen, E. & Mattila, M. (2022). Framings of food waste: How food system stakeholders are responsabilized in public policy debate. *Journal of Public Policy & Marketing*, 41(2), 144–161.
- OECD & FAO. (2024). OECD-FAO Agricultural Outlook 2024–2033.
- Yahia, E. M., Fonseca, J. M., & Kitinoja, L. (2019). Postharvest losses and waste. *Postharvest technology of perishable horticultural commodities*, 43-69.
- Pokhrel, S. (2021). Effects of harvesting stage on postharvest quality and shelf-life of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 175, 111–123.
- Ridolfi, R., Dubois, M., & Cerutti, A. K. (2018). A review of food waste generation and management practices. *Journal of Cleaner Production*, 198, 986–1001.
- Sun, L., Ma, J., Purcaro, G., Wang, G., Jin, J., & Xing, F. (2025). A comprehensive review of post-harvest agricultural product deterioration signature volatile organic compounds. *Food Chemistry*, 29, 102866.
- Sheahan, M., & Barrett, C. B. (2020). Food loss and waste in low-income countries: A review of the evidence and issues. *Food Policy*, 98, 101–890.
- Sadeghi, S., & Taheri, M. (2022). The Effect of Temperature on Enzyme Activity in Fruits During Storage. *Postharvest Technology Review*, 19(1), 33-45.
- UNEP. (2022). Food Waste Index Report. United Nations Environment Programme.
- UNEP. (2024). Food Waste Index Report 2024.