

نقش فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری در ارتقای فناوریانه زنجیره ارزش عناب (*Ziziphus jujuba*)

The role of postharvest and processing technologies in technological improvement of the jujube (*Ziziphus jujuba*) value chain

مسعود نجف نجفی^{۱*}، علی نجف نجفی^۲

۱. دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران (نگارنده مسئول)
۲. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/mpt.2026.372284.1213

چکیده

نجف نجفی، م.، نجف نجفی، ع.، نقش فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری در ارتقای فناوریانه زنجیره ارزش عناب (*Ziziphus jujuba*)
نشریه علمی فناوری گیاهان دارویی ایران، دوره ۷- شماره ۲- پیاپی ۱۳- پائیز و زمستان ۱۴۰۳ صفحه: ۱۰۴-۸۸

عناب به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان باغی و دارویی مناطق خشک و نیمه خشک، از ظرفیت بالای تغذیه‌ای و عملکردی برخوردار است. با این حال، ساختار زنجیره ارزش آن در ایران به طور عمده متکی بر خام‌فروشی و با سطح محدود فناوری در مراحل پس از برداشت و فرآوری است. بخش قابل توجهی از اتلاف ارزش اقتصادی این محصول ناشی از سازوکارهای زیستی افت کیفیت شامل اتلاف رطوبت، افزایش شدت تنفس، نرم‌شدگی بافت، تش اکسیداتیو، قهوه‌ای شدن آنزیمی و فساد میکروبی در دوره پس از برداشت است. مطالعه حاضر با رویکردی مروری - تحلیلی، نقش فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری را در چارچوب ارتقای زنجیره ارزش عناب بررسی می‌کند. در این چارچوب، ارتقا در سه سطح فرآیندی، محصولی و کارکردی تحلیل شده و ارتباط آن با مداخلات فناوریانه تبیین می‌شود. نتایج نشان می‌دهد مدیریت دما، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، پوشش‌های خوراکی، تیمارهای فیزیولوژیک، فناوری‌های غیرحرارتی و تیمارهای شیمیایی می‌توانند با کاهش ۲۰ تا ۴۰ درصدی ضایعات و افزایش معنی‌دار عمر ماندگاری، ارتقای فرآیندی را محقق سازند. این بهبود کیفیت، بستر لازم برای توسعه محصولات فرآوری شده نظیر عناب خشک، پودر، عصاره و فرآورده‌های تخمیری را فراهم کرده و زمینه ارتقای محصولی و کارکردی را ایجاد می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه، مرحله پس از برداشت به عنوان نقطه اهرمی ارتقای زنجیره ارزش شناسایی شد. سرمایه‌گذاری هدفمند در زیرساخت‌های سردخانه‌ای، توسعه بسته‌بندی‌های نوین و حمایت از صنایع فرآوری می‌تواند سهم ارزش افزوده داخلی را افزایش داده، وابستگی به خام‌فروشی را کاهش دهد و پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی زنجیره ارزش عناب را تقویت کند.

واژه های کلیدی: گیاه دارویی، بهبود کیفیت، ارتقای محصولی، پایداری اقتصادی، ارزش افزوده

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: mnajafi.mhd@gmail.com

مقدمه

عناَب (*Ziziphus jujuba* Mill.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهان دارویی و باغی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که خاستگاه آن به شرق آسیا نسبت داده می‌شود و سابقه کشت و مصرف آن به هزاران سال پیش بازمی‌گردد (Liu et al., 2020; Liu et al., 2025). این میوه به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، غنای قابل توجه ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها، پلی‌ساکاریدها و ویتامین C و نیز برخورداری از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تنظیم‌کننده متابولیسم در سال‌های اخیر به عنوان یک فرا میوه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Liu et al., 2020; Cai et al., 2024; Rashwan et al., 2020). چین با در اختیار داشتن بیش از ۹۸ درصد تولید جهانی، بازیگر اصلی این محصول در بازار جهانی محسوب می‌شود و توسعه فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری در این کشور نقش مهمی در تنوع بخشی محصولات و افزایش ارزش افزوده ایفا کرده است (Liu et al., 2020; Cai et al., 2024). ایران نیز به واسطه سازگاری اکولوژیک عناَب با شرایط اقلیمی خشک، به ویژه در استان خراسان جنوبی از تولیدکنندگان مهم منطقه‌ای این محصول به شمار می‌رود (Moradinezhad et al., 2016). ولی با وجود کیفیت ذاتی مطلوب و ظرفیت بالای تغذیه‌ای و عملکردی، ساختار زنجیره ارزش عناَب در ایران همچنان کوتاه، متکی بر خام‌فروشی و با سطح محدود فناوری در مراحل پس از برداشت و فرآوری است. این وضعیت در شرایطی رخ می‌دهد که میوه عناَب به عنوان یک محصول

نسبتاً فسادپذیر، در معرض سازوکارهای فعال افت کیفیت شامل اتلاف رطوبت، نرم‌شدگی ناشی از تخریب دیواره سلولی، تنش اکسیداتیو، قهوه‌ای شدن آنزیمی، آسیب سرمایی و فساد میکروبی قرار دارد (Rashwan et al., 2020; Cai et al., 2024; Mourya et al., 2017). در صورت مدیریت ناکارآمد مرحله پس از برداشت، بخشی از ظرفیت اقتصادی و تغذیه‌ای محصول در حلقه‌های میانی زنجیره ارزش از بین می‌رود (NajafNajafi & NajafNajafi, 2025; Moradinezhad et al., 2016; Nikkhah Hashemi, 2020). در ادبیات توسعه کشاورزی، ارتقای زنجیره ارزش به عنوان راهبردی برای افزایش کارایی، تنوع محصول و سهم ارزش افزوده بازیگران داخلی مطرح است (NajafNajafi, 2024; Yogita et al., 2025). این ارتقا معمولاً در سه سطح فرآیندی، محصولی و کارکردی تعریف می‌شود. ارتقای فرآیندی^۱ به معنای بهبود کارایی و اثربخشی فرآیندهای فنی در حلقه‌های میانی زنجیره، از جمله روش‌های برداشت، سردکردن اولیه، خشک کردن، بسته‌بندی و انبارداری است. هدف مستقیم این سطح، کاهش ضایعات، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصول باتکیه بر فناوری‌های پس از برداشت است. ارتقای محصولی^۲ شامل افزایش تنوع و ارزش واحد محصولات نهایی از طریق جایگزینی خام‌فروشی با فرآوری است مانند تولید پودر عناَب، عصاره‌های فراسودمند و نوشیدنی‌های عمل‌گرا. ارتقای کارکردی^۳ به

^۱ Process upgrading

^۲ Product upgrading

^۳ Functional upgrading

تغییر نقش و جایگاه بازیگران زنجیره ارزش اشاره دارد؛ برای نمونه زمانی که یک کشاورز یا تعاونی روستایی از یک فروشنده صرف عنب خام به یک واحد فرآوری و بسته‌بندی تبدیل می‌شود. این سطح بیش از دو سطح قبلی به ترکیبی از فناوری، مهارت، سرمایه و دسترسی به بازار وابسته است (NajafNajafi, 2024; Yogita *et al.*, 2025). در محصولات باغی فسادپذیر، به‌ویژه آن‌هایی که سهم بالایی از ارزش بالقوه آن‌ها به کیفیت پس از برداشت وابسته است، فناوری‌های پس از برداشت نقشی محوری در ارتقای فرآیندی ایفا می‌کنند؛ زیرا با کنترل سازوکارهای افت کیفیت، امکان حفظ ارزش و فراهم‌سازی بستر برای ارتقای محصولی و کارکردی را فراهم می‌سازند (Moradinezhad *et al.*, 2019; Rashwan *et al.*, 2020; Ashraf *et al.*, 2025).

بیشتر مطالعات موجود درباره عنب بر جنبه‌های فیزیولوژیک، ترکیبات زیست فعال یا فناوری‌های منفرد نگهداری تمرکز داشته‌اند و کمتر به تحلیل یکپارچه نقش این فناوری‌ها در چارچوب ارتقای زنجیره ارزش پرداخته‌اند (Cai *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2020; Dou *et al.*, 2023). به عبارت دیگر، تاکنون مطالعه‌ای که به طور سیستماتیک پیوند میان فناوری‌های پس از برداشت با سطوح سه‌گانه ارتقای زنجیره ارزش را در شرایط اقلیمی و ساختار تولیدی ایران تحلیل کرده باشد، انجام نشده است. براین اساس، مطالعه حاضر با رویکردی مروری - تحلیلی، به بررسی نقش فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری در ارتقای زنجیره ارزش

عنب می‌پردازد و تلاش می‌کند با پیوند دادن سازوکارهای افت کیفیت به سطوح سه‌گانه ارتقای زنجیره ارزش، چارچوبی یکپارچه برای کاهش اتلاف ارزش و تقویت پایداری اقتصادی این زنجیره در ایران ارائه دهد.

چارچوب مفهومی ارتقای فناورانه زنجیره

ارزش عنب

زنجیره ارزش، مجموعه‌ای از فعالیت‌های به‌هم‌پیوسته از مرحله تولید اولیه تا فرآوری، توزیع و مصرف نهایی است که در هر یک از این مراحل، امکان ایجاد یا اتلاف ارزش وجود دارد (NajafNajafi & NajafNajafi, 2024; Yogita *et al.*, 2025). زنجیره ارزش عنب را نمی‌توان صرفاً به‌عنوان توالی خطی فعالیت‌ها از تولید تا مصرف در نظر گرفت، بلکه باید آن را به‌عنوان یک نظام پویا تلقی کرد که در آن کیفیت زیستی محصول، جریان ارزش اقتصادی و پایداری زنجیره به‌صورت هم‌زمان و متقابل بر یکدیگر اثر می‌گذارند (Rashwan *et al.*, 2020; Ashraf *et al.*, 2025). در این چارچوب، مرحله پس از برداشت به‌عنوان حلقه‌ای راهبردی شناخته می‌شود؛ زیرا بخش عمده‌ای از اتلاف ارزش در این مرحله رخ می‌دهد و درعین حال، بیشترین ظرفیت مداخله فناورانه نیز در همین بخش وجود دارد (Dou *et al.*, 2023; Rashwan *et al.*, 2020; Ashraf *et al.*, 2025). مفهوم ارتقای زنجیره ارزش^۱ به فرآیند بهبود موقعیت بازیگران زنجیره از طریق افزایش کارایی، کیفیت و سهم ارزش افزوده اطلاق می‌شود. ارتقای زنجیره ارزش معمولاً در

^۱ Value Chain Upgrading

جدول ۱- حلقه‌های زنجیره ارزش عنب در ایران، چالش‌ها و نقش فناوری‌های ارتقایی

حلقه زنجیره ارزش	چالش‌های اصلی	فناوری‌ها و راهبردهای قابل مداخله	نوع ارتقا در زنجیره
تأمین نهاده‌ها	کیفیت پائین نهال، تنوع ژنتیکی محدود، دسترسی محدود به دانش فنی	اصلاح و انتخاب ارقام برتر، نهال گواهی‌شده، آموزش‌های فنی	ارتقای نهادی
تولیدباغی	خرد بودن واحدها، عملکرد متغیر، مدیریت غیرعلمی باغ	مدیریت تغذیه و آبیاری، برداشت در مرحله رسیدگی مناسب	ارتقای فرآیندی
برداشت اولیه	آسیب مکانیکی، برداشت غیراستاندارد، افزایش ضایعات	برداشت اصولی، آموزش نیروی کار، ابزار برداشت مناسب	ارتقای فرآیندی
پس از برداشت و نگهداری	کمبود سردخانه، نبود بسته‌بندی مناسب، اتلاف رطوبت و کیفیت	سردخانه، اتمسفر اصلاح‌شده، کنترل رطوبت	ارتقای فرآیندی
فرآوری	کمبود واحدهای فرآوری، فناوری سنتی، تنوع کم محصول	خشک کردن کنترل‌شده، پودر، عصاره، تخمیر	ارتقای محصولی و کارکردی
بسته‌بندی و استانداردسازی	بسته‌بندی ساده، نبود نشان کیفیت، ضعف برند	بسته‌بندی فعال، پوشش‌های خوراکی، استانداردسازی	ارتقای فرآیندی
توزیع و بازاریابی	وابستگی به واسطه‌ها، بازار محدود، قیمت‌گذاری ناعادلانه	زنجیره سرد، بازاریابی هدفمند، فروش مستقیم	ارتقای نهادی
مصرف نهایی	آگاهی محدود مصرف‌کننده، تقاضای پایین محصولات نوآورانه	توسعه محصولات فراسودمند، اطلاع‌رسانی تغذیه‌ای	ارتقای نهادی

سه سطح اصلی شامل ارتقای فرآیندی، ارتقای محصولی و ارتقای کارکردی تبیین می‌گردد (Cai et al., 2024). ارتقای فرآیندی بر افزایش کارایی و کاهش ضایعات بدون تغییر ماهیت محصول تمرکز دارد؛ ارتقای محصولی به بهبود ویژگی‌ها یا توسعه اشکال جدید فرآوری شده با ارزش افزوده بالاتر مربوط می‌شود و ارتقای کارکردی به ورود بازیگران زنجیره به فعالیت‌های جدید با سهم بیشتر از ارزش نهایی اطلاق می‌گردد (Islam et al., 2022). با این حال، در محصولات فسادپذیر نظیر عنب، این سطوح به صورت مستقل و خطی عمل نمی‌کنند، بلکه رابطه‌ای وابسته به کیفیت دارند. به بیان دیگر،

تحقق پایدار ارتقای محصولی و کارکردی، مستلزم تثبیت و حفظ کیفیت در سطح ارتقای فرآیندی است (Ashraf, et al., 2025; Liu, et al., 2020; Rashwan et al., 2020). بر این اساس، مدل مفهومی پیشنهادی این پژوهش بر سه مؤلفه به هم پیوسته سازوکارهای زیستی افت کیفیت، مداخلات فناورانه پس از برداشت و پیامدهای زنجیره‌ای خلق ارزش استوار است. جدول ۱، ساختار حلقه‌های اصلی زنجیره ارزش عنب در ایران را به همراه نوع ارتقای قابل تحقق در هر حلقه نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود چالش‌های زنجیره ارزش صرفاً محدود به مرحله پس از برداشت نبوده و از تأمین نهاده‌ها

تا مصرف نهایی امتداد دارند. در حلقه‌های اولیه، ارتقای نهادی از طریق اصلاح ارقام، نهال گواهی‌شده و آموزش فنی می‌تواند بستر افزایش کیفیت اولیه محصول را فراهم کند. در مراحل تولید و برداشت، ارتقای فرآیندی با بهبود مدیریت باغ، زمان برداشت و کاهش آسیب‌های مکانیکی نقش مهمی در کاهش ضایعات اولیه دارد. بیشترین ظرفیت ارتقای فرآیندی در مرحله پس از برداشت و نگهداری مشاهده می‌شود؛ جایی که استفاده از سردخانه، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و کنترل رطوبت می‌تواند اتلاف کیفیت را به طور معنی‌داری کاهش دهد (Cai et al., 2024; Rashwan et al., 2020). در سطح فرآوری، ارتقای محصولی و کارکردی از طریق توسعه خشک کردن کنترل‌شده، تولید پودر، عصاره و محصولات تخمیری زمینه افزایش ارزش افزوده و تنوع بازار فراهم می‌شود. در حلقه‌های انتهایی نیز ارتقای نهادی و توسعه بازار از طریق بهبود زنجیره سرد، برندینگ و بازاریابی هدفمند می‌تواند سهم تولیدکننده از ارزش نهایی محصول را افزایش دهد (Dou et al., 2023; Moradinezhad et al., 2016).

اهمیت فناوری‌های پس از برداشت در

ارتقای فرآیندی زنجیره ارزش عنب

کیفیت میوه عنب در دوره پس از برداشت، مجموعه‌ای از ویژگی‌های ظاهری، بافتی، شیمیایی، تغذیه‌ای و حسی را در بر می‌گیرد و نقش تعیین‌کننده‌ای در بازارپسندی، عمر ماندگاری و قابلیت فرآوری این محصول دارد (Ashraf et al., 2025; Wojdylo et al., 2019).

این کیفیت تحت تأثیر تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی فعال در بافت میوه قرار دارد و در صورت نبود مدیریت مناسب، به سرعت کاهش می‌یابد (Dou et al., 2023; Bao et al., 2021). از منظر ظاهری، شاخص‌هایی نظیر رنگ یکنواخت، درخشندگی سطح و نبود چروکیدگی معیار اولیه پذیرش مصرف‌کننده محسوب می‌شوند. اتلاف رطوبت و قهوه‌ای شدن آنزیمی مهم‌ترین عوامل افت کیفیت ظاهری هستند. در بعد بافتی، کاهش سفتی ناشی از تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی و فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌گالاکتوروناز و پکتین‌متیل‌استراز، حمل‌ونقل‌پذیری و ماندگاری محصول را محدود می‌کند (Liu et al., 2025; Dou et al., 2023). مطالعات انجام‌شده بر روی عنب ایرانی نشان داده است که مرحله رسیدگی در زمان برداشت نقش مهمی در حفظ سفتی بافت در دوره نگهداری ایفا می‌کند (Moradinezhad et al., 2019; Moradinezhad et al., 2016). از نظر تغذیه‌ای، شاخص‌هایی مانند مواد جامد محلول کل، ویتامین C و ترکیبات فنولی نقش مهمی در ارزش عملکردی عنب دارند. تنش اکسیداتیو و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در دوره نگهداری می‌تواند منجر به کاهش این ترکیبات زیست فعال شود. مقدار کل مواد جامد محلول در عنب تازه معمولاً ۱۸ تا ۳۰ درجه بریکس گزارش شده است، در حالی که مقدار ویتامین C بسته به رقم و مرحله رسیدگی می‌تواند بین ۶۰ تا بیش از ۳۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه متغیر باشد (Moradinezhad et al., 2016; Rashwan et al., 2020; Dou et al.,

ایجاد کند؛ از این رو بهینه‌سازی شرایط نگهداری ضروری است (Rashwan *et al.*, 2020; Islam *et al.*, 2022; Dou *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2025). همچنین، گزارش شده است که نگهداری میوه‌های عناب در دمای سرد (۵ درجه سانتیگراد و ۹۰٪ رطوبت نسبی) همراه با تیمار بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده منجر به کاهش وزن کمتر، سفتی بیشتر، افزایش کاروتنوئیدهای کل و فنل‌های کل نسبت به نمونه شاهد شد (Reche *et al.*, 2019).

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده

بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده (MAP^1) با فیلم $LDPE^2$ (ضخامت ۱۵ میکرون) برای میوه عناب برداشت‌شده در مرحله نیمه‌قرمز، کیفیت انبارمانی را به طور معنی‌داری بهبود بخشید به طوری که سفتی میوه نسبت به نمونه بدون بسته‌بندی ۲۳/۸۴٪ بیشتر بود و هم‌زمان شاخص‌های مرتبط با تنش و آسیب غشایی کاهش یافتند (Liu *et al.*, 2025). در پژوهش دیگری مشخص شد که پوشش ژل آلوه‌ورا با MAP به طور مؤثری سبب کاهش وزن و نرخ تنفس عناب گردید. نرم‌شدگی بافت و تغییر رنگ پوست را به تأخیر انداخت و مواد جامد محلول را حفظ کرد اما این تیمارها در طول نگهداری سرد تأثیر قابل توجهی بر تغییرات ویتامین C و فلاونوئید کل نداشتند. با این حال، مقدار فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاربرد MAP و پوشش ژل آلوه‌ورا برای مدت طولانی‌تری نسبت به نمونه شاهد حفظ شد. (Islam *et al.*, 2022)

(2023)؛ بنابراین، حفظ کیفیت پس از برداشت نه تنها یک ضرورت فنی، بلکه پیش‌نیاز ارتقای اقتصادی زنجیره ارزش محسوب می‌شود (Lin *et al.*, 2019; Islam *et al.*, 2022).

مهمترین فناوری‌های پس از برداشت

برای ارتقای فرآیندی زنجیره ارزش عناب

باتوجه به تنوع سازوکارهای افت کیفیت، راهبردهای فناورانه مؤثر معمولاً چندبعدی طراحی می‌شوند و هم‌زمان بر کنترل تنفس، کاهش تعرق، مهار نرم‌شدگی و محدودسازی رشد میکروبی تمرکز دارند (Dou *et al.*, 2023; Lin *et al.*, 2019). بررسی نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که مدیریت فناورانه می‌تواند به طور مستقیم موجب کاهش ۲۰ تا ۴۰ درصدی ضایعات و افزایش ۲ تا ۵ برابری زمان عرضه بازارپسند محصول شود (Rashwan *et al.*, 2020; Islam *et al.*, 2022; Moradinezhad *et al.*, 2016). تعدادی از مهم‌ترین این فناوری‌ها عبارتند از:

مدیریت دما و نگهداری سرد

نگهداری در دمای ۰ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد، یکی از متداول‌ترین راهکارهای افزایش عمر ماندگاری عناب است. پژوهش‌های اخیر شرایط ایده‌آل برای نگهداری عناب را دمای ۰ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد معرفی کرده‌اند. کاهش دما موجب کند شدن فعالیت‌های متابولیکی، کاهش شدت تنفس و مهار رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود. با این حال، نگهداری طولانی‌مدت یا دمای کمتر از آستانه تحمل فیزیولوژیک می‌تواند آسیب سرمایی

^۱ Modified Atmosphere Packaging

^۲ Low Density PolyEthylene

2022). در تحقیق دیگری، ترکیب‌های مختلف اتمسفر اصلاح‌شده اولیه بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری میوه تازه عناب مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده غیرفعال (گروه شاهد)، خلاء، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده فعال (۲۵ درصد اکسیژن و ۵ درصد دی‌اکسید کربن) و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده فعال (۱۵ درصد اکسیژن و ۱۰ درصد دی‌اکسید کربن) بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای خلاء و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده غیرفعال، در مقایسه با سایر تیمارها، میزان کاهش وزن، کل مواد جامد محلول میوه و شاخص قهوه‌ای شدن را به طور چشمگیری کاهش دادند و سفتی میوه را حفظ کردند. تیمار خلاء موجب افزایش ترکیبات فنلی کل، ویتامین C و بهبود ارزیابی حسی میوه عناب شد. علاوه بر این، بیشترین ماندگاری همراه با کیفیت قابل قبول، در تیمارهای بسته‌بندی خلاء (۳۳/۴۲ روز) و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده غیرفعال (۶۷/۳۶ روز) به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بسته‌بندی خلاء پیش از انبارمانی، تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت دارد و ماندگاری میوه تازه عناب را افزایش می‌دهد (Moradinezhad & Dorostkar, 2020).

پوشش‌های خوراکی

در سال‌های اخیر، استفاده از پوشش‌های خوراکی در نگهداری میوه‌ها به دلیل ماهیت سازگار با محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. این پوشش‌ها به عنوان مانعی در برابر اکسیژن و رطوبت و همچنین عوامل خارجی

در هنگام جابه‌جایی و انبارداری عمل می‌کنند و از این رو ایمنی میوه را افزایش داده و فرآیند فساد را به تأخیر می‌اندازند (Jahangiri et al., 2024). در میان انواع مختلف پوشش‌های خوراکی، ژل آلئوئورا، کربوکسی‌متیل سلولز و پکتین از جمله پوشش‌های رایج و بی‌خطری هستند که می‌توانند به عنوان جایگزینی برای بسته‌بندی و تیمارهای شیمیایی استفاده شوند. بر همین اساس، تأثیر پوشش‌های خوراکی مختلف شامل ژل آلئوئورا (با غلظت ۳۳ و ۵۰ درصد حجمی/حجمی)، کربوکسی‌متیل سلولز و پکتین (با غلظت ۱، ۱/۵ و ۲ درصد وزنی/حجمی) بر کیفیت میوه تازه عناب طی ۴۰ روز نگهداری در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میوه‌های پوشش داده‌شده با آلئوئورا (در هر دو غلظت) و با کربوکسی‌متیل سلولز (در غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد) پس از ۴۰ روز نگهداری در یخچال، کیفیت بهتری نسبت به گروه شاهد داشتند (Moradinezhad et al., 2018).

فناوری‌های نوین غیرحرارتی

فناوری‌های نوین غیرحرارتی با حداقل اثرات منفی بر کیفیت حسی و ترکیبات زیست فعال، امکان کنترل سازوکارهای افت کیفیت را فراهم می‌کنند. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به پرتودهی فرابنفش، پلاسمای سرد و فراصوت اشاره کرد (Rashwan et al., 2020; Dou et al., 2021; Bao et al., 2023).

پرتودهی فرابنفش

این روش، با کاهش بار میکروبی سطحی و القای پاسخ‌های دفاعی می‌تواند فساد را کاهش

را افزایش بخشید. همچنین آنها دریافتند که وقتی پیش از خشک کردن از پلاسما استفاده می شود، ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان پلی فنلی نمونه ها بهبود یافت (Bao et al., 2021).

فراصوت

امواج فراصوت، از طریق کاویتاسیون می تواند در کاهش بار میکروبی و بهبود یکنواختی تیمارها مؤثر باشد. با این حال، شدت و مدت تیمار باید به دقت بهینه شود، زیرا مقادیر بیش از حد ممکن است به آسیب بافتی یا تشدید تنش اکسیداتیو منجر شود (Ashraf et al., 2025; Dou et al., 2023). این فناوری، در ترکیب با مواد ضد عفونی کننده شیمیایی می تواند اثربخشی بیشتری در کاهش ضایعات و حفظ کیفیت عنب داشته باشد (Bao et al., 2021). در پژوهشی مشخص شد که استفاده از فراصوت به تنهایی برای ضد عفونی عنب مؤثر نیست و نتوانست از آلودگی باکتری های اشریشیا کلی سویه O157:H7 و سالمونلا تیفموریوم جلوگیری کند، اما با اضافه شدن کلر آزاد با غلظت ۱۰ پی پی ام تا حد زیادی میزان آلودگی کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب فراصوت و کلر تعداد میکروب ها را در طول نگهداری به طور معنی داری کاهش داد بدون آنکه کیفیت (از نظر کاهش وزن، خصوصیات حسی، مواد جامد و ترکیبات مغذی) نسبت به گروه شاهد افت کند؛ بنابراین، برای ضد عفونی میوه های آماده مصرف بدون برش، استفاده از فراصوت به همراه حداقل دُز از ماده ضد عفونی کننده مانند کلر توصیه می شود (Wang et al., 2022). جدول ۲، تعدادی از

داده و قهوه ای شدن را به تأخیر اندازد (Dou et al., 2023). در پژوهشی، پتانسیل استفاده از مخمر متشینکویا پولچریماس^۱ به تنهایی و همراه با تیمار پرتودهی فرابنفش برای کنترل پوسیدگی آلترناریایی عنب زمستانه و تأثیر آن بر کیفیت پس از برداشت میوه بررسی شد. نتایج نشان داد که هر سه دُز (۱، ۵ و ۱۰ کیلوژول بر متر مربع) از تیمار فرابنفش در شرایط آزمایشگاهی، جوانه زنی اسپورهای قارچ آلترناریا آلترناتا^۲ را به طور معنی داری مهار کردند. میزان پوسیدگی در میوه های عنب زمستانه تیمار شده با ترکیب فرابنفش و مخمر پس از ۴۵ روز نگهداری در دمای 0 ± 1 درجه سانتی گراد و سپس ۷ روز در دمای ۲۲ درجه سانتی گراد، به ۲۳ درصد رسید. نتایج این تحقیق مشخص کرد که ترکیب فرابنفش و مخمر متشینکویا پولچریماس توانست جایگزینی برای قارچ کش های شیمیایی در کنترل پوسیدگی آلترناریایی پس از برداشت عنب زمستانه باشد (Gou et al., 2015).

پلاسمای سرد

پلاسمای سرد با تولید گونه های فعال اکسیژن و نیتروژن در سطح میوه، رشد میکروارگانیسم ها را مهار کرده و ظرفیت آنتی اکسیدانی را بهبود می بخشد (Bao et al., 2021). در مطالعه ای، برش های میوه عنب پیش از فرآیند خشک شدن با پلاسما (به مدت ۰،۲۵، ۰،۵ و ۱ دقیقه برای هر نمونه) تیمار شدند. این پژوهشگران اعلام کردند که پلاسما با تشکیل حفره های بزرگ در سطح نمونه ها، نفوذ پذیری مؤثر و سرعت خشک شدن

^۱ Metschnikowia pulcherrimas

^۲ Alternaria alternata

جدول ۲- فناوری‌های منتخب پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه عناب

فناوری	مکانیسم هدف	پیامد در زنجیره ارزش	منابع
نگهداری سرد	کاهش شدت تنفس و فعالیت آنزیمی	افزایش عمر انباری و کاهش ضایعات	(Dou et al., 2023)
بسته‌بندی MAP	تنظیم O_2/CO_2 و کاهش تنفس	حفظ کیفیت و افزایش قابلیت فروش	(Moradinezhad & Dorostkar, 2020)
اتمسفر کنترل‌شده	کنترل دقیق ترکیب گازها	کاهش افت کیفی در نگهداری طولانی	(Liu et al., 2020)
پلاسمای سرد	مهار میکروارگانیسم‌ها	کاهش فساد سطحی و افزایش ایمنی	(Bao et al., 2021)
پرتوده‌ی فرابنفش	کاهش بار میکروبی	افزایش ماندگاری در دمای محیط	(Dou et al., 2023)
پوشش خوراکی	ایجاد سد نیمه‌تراوا و کاهش تعرق	کاهش ضایعات و افزایش بازارپسندی	(Moradinezhad et al., 2018)
تیمار شیمیایی با ۱- متیل سیکل و پروپن	مهار اثر اتیلن و تأخیر در رسیدگی و پیری	افزایش عمر انباری بدون افت کیفیت تغذیه‌ای	(Sang et al., 2022)
تیمار شیمیایی با کلرید کلسیم	تقویت دیواره سلولی و حفظ سفتی بافت	بهبود قابلیت حمل‌ونقل	(Moradinezhad et al., 2019)
خشک کردن	تنظیم افت رطوبت و حفظ ظاهر	توسعه محصول پایدار و قابل صادرات	(Wojdyło et al., 2019)

فناوری‌های منتخب پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه عناب را نشان می‌دهد.

تیمارهای شیمیایی

برخی تیمارهای شیمیایی و زیستی باهدف کاهش تنش اکسیداتیو و مهار رشد میکروبی در دوره پس از برداشت مانند استفاده از نمک‌های کلسیم (کلرید، نیترات، سولفات)، مهارکننده رقابتی اتیلن مانند ۱-MCP^۱ و هورمون‌های گیاهی مانند ملاتونین در مورد میوه عناب مورد بررسی قرار گرفته است (Sang et al., 2022; Nikkhah & Hashemi, 2020; Moradinezhad et al., 2019).

نمک‌های کلسیم

محلول‌پاشی پیش از برداشت یا فروبردن میوه برداشت‌شده در محلول‌های نمک کلسیم،

یکی از روش‌هایی است که برای یکپارچه‌سازی دستگاه‌های تولید، بهبود خواص میوه و به‌حداقل رساندن استفاده از قارچ‌کش‌ها به کار می‌رود. یون کلسیم یک ماده مغذی ضروری برای گیاهان است و نقش مهمی در دیواره سلولی و پایداری غشای پلاسمایی ایفا می‌کند. در کمبود کلسیم، میزان تنفس افزایش می‌یابد که در نهایت ماندگاری میوه را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، افزایش مقدار کلسیم در میوه‌ها می‌تواند کیفیت میوه را بهبود بخشد، ضایعات را کاهش دهد و ماندگاری آن‌ها را افزایش دهد (Dou et al., 2023). گزارش شده است که استفاده از ۱٪ نیترات کلسیم، کلرید کلسیم و سولفات کلسیم به طور معنی‌داری سفتی بافت میوه عناب را نسبت به نمونه کنترل افزایش داد، اگرچه طعم میوه تیمار شده با سولفات کلسیم

1-Methylcyclopropene (1-MCP)

نسبت به نمونه کنترل تغییر محسوس پیدا کرد (Moradinezhad *et al.*, 2019).

مهارکننده اتیلن MCP-1

MCP-1، یک مهارکننده رقابتی اتیلن است که می‌تواند با اتصال غیر قابل برگشت به گیرنده‌های اتیلن در میوه، اختلالات پس از برداشت و اثرات آنرا به طور مؤثری کاهش دهد (Dias *et al.*, 2021). این ماده با مسدود کردن مسیر انتقال سیگنال اتیلن، می‌تواند فرآیند رسیدگی و پیری را مهار کند و از این رو به طور بالقوه تحمل به انبارمانی و عمر پس از برداشت میوه‌ها را افزایش دهد (Dou *et al.*, 2023). MCP-1 از نظر ایمنی، سمیت و مسائل زیست‌محیطی بسیار سودمند است، زیرا هیچ باقی‌مانده مضر از خود بر جای نمی‌گذارد. گزارش شده است که مهارکننده اتیلن MCP-1 در به تأخیر انداختن رسیدگی و پیری بدون تأثیر بر سفتی، مقدار ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی بسیار مؤثر است (Sang *et al.*, 2022).

هورمون‌های گیاهی

هورمون‌های گیاهی، گروهی از مولکول‌های پیام‌رسان ضروری هستند که در گیاهان تولید می‌شوند و یا به طور مصنوعی ساخته می‌شوند و می‌توانند واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان را حتی در غلظت‌های بسیار پایین تنظیم کنند (Wang *et al.*, 2021). پژوهشگران دریافته‌اند که هورمون‌های گیاهی می‌توانند تأثیر عالی در حفظ کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها داشته باشند (Sun *et al.*, 2022). ملاتونین یکی از هورمون‌های

گیاهی رایج برای نگهداری میوه عنب است. ملاتونین، یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند گونه‌های فعال اکسیژن را در محصولات حذف کند و بیان ژن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را القا نماید (Maldonado *et al.*, 2022). علاوه بر این، ملاتونین یک مولکول پیام‌رسان است که تنش‌های زنده و غیرزنده گیاهان را تنظیم می‌کند. ملاتونین، می‌تواند رسیدگی پس از برداشت را کند نماید، پیری و فساد را به تأخیر اندازد، بروز آسیب سرمایی را کاهش دهد و مقاومت به بیماری را در انواع میوه‌های پس از برداشت افزایش دهد (Sun *et al.*, 2022). در پژوهشی، تأثیر ملاتونین بر میوه عنب مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که تأثیر مثبتی بر به تأخیر انداختن تغییر رنگ و کاهش سفتی، حفظ مقدار مواد جامد محلول کل، اسید قابل تیتراسیون و بهبود میزان ترکیبات فنلی دارد (Wang *et al.*, 2021).

فرآوری و نقش آن در ارتقای محصولی و

کارکردی زنجیره ارزش عنب

فرآوری، حلقه اتصال ارتقای فرآیندی به ارتقای محصولی و کارکردی در زنجیره ارزش گیاهان دارویی است. فرآوری محصول خام ضمن حفظ کیفیت سبب ایجاد ارزش افزوده در آن می‌شود (NajafNajafi *et al.*, 2020). خشک کردن به عنوان رایج‌ترین روش فرآوری، با تولید محصولاتی نظیر عنب خشک و پودر عنب، ضمن افزایش عمر نگهداری، موجب حفظ بخش قابل توجهی از ترکیبات تغذیه‌ای و فنولی می‌شود (Wojdyło *et al.*, 2019). استفاده از روش‌های نوین

جدول ۳- فرآورده‌های عنب و نقش آن‌ها در ارتقای محصولی و کارکردی زنجیره ارزش

فرآورده‌های عنب	یافته‌های کلیدی	پیامد اقتصادی بالقوه در زنجیره ارزش	نوع ارتقا
پودر عنب	غنی از پلی‌فنل‌ها؛ مناسب غنی‌سازی محصولات غذایی	فروش به‌عنوان ماده اولیه باارزش افزوده بالاتر	محصولی
عنب خشک	کاهش فعالیت آبی و افزایش زمان نگهداری	کاهش ضایعات فصلی و امکان صادرات	محصولی
سرکه عنب	محصول تخمیری با فعالیت آنتی‌اکسیدانی	تنوع سبد محصول و قیمت بالاتر	محصولی
آب عنب تخمیری	بهبود ایمنی میکروبی و ویژگی حسی	ورود به بازار نوشیدنی‌های فراسودمند	کارکردی
عصاره عنب	دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و زیست فعال	کاربرد در مکمل‌ها و صنایع دارویی	کارکردی

زنجیره ارزش عنب ایفا کند.

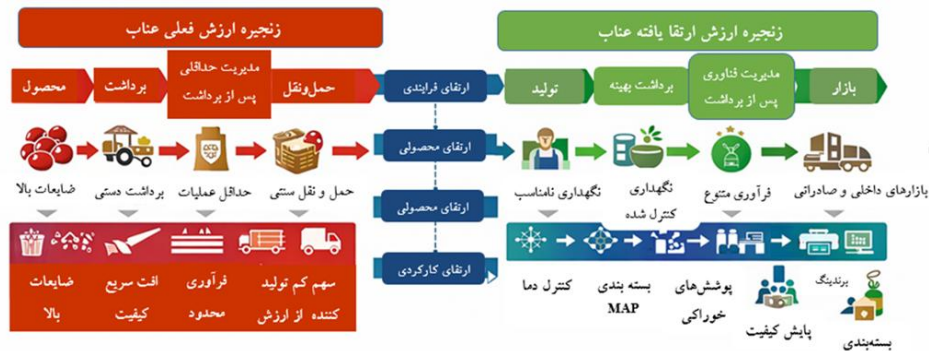
پیامدهای ارتقای فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری بر پایداری زنجیره ارزش عنب

ارتقای فناوریانه زنجیره ارزش عنب پیامدهایی فراتر از حفظ کیفیت محصول دارد. کاهش ضایعات پس از برداشت موجب افزایش بهره‌وری منابع آب و زمین شده و از منظر زیست‌محیطی اهمیت دارد (Liu et al., 2020). در بعد اقتصادی، افزایش عمر ماندگاری امکان عرضه تدریجی، کاهش فشار فروش فصلی و بهبود قدرت چانه‌زنی تولیدکنندگان را فراهم می‌کند. توسعه فرآوری نیز سهم ارزش افزوده داخلی را افزایش داده و وابستگی به خام‌فروشی را کاهش می‌دهد (Bao et al., 2021; NajafNajafi, 2024). در بعد اجتماعی، گسترش فعالیت‌های پس از برداشت و فرآوری می‌تواند زمینه‌ساز اشتغال محلی، انتقال دانش فنی و توانمندسازی بهره‌برداران باشد (Yogita et al., 2024; NajafNajafi & NajafNajafi, 2025). بدین ترتیب، ادغام نظام‌مند فناوری‌های پس‌برداشت و فرآوری نه تنها ابزار حفظ کیفیت، بلکه راهبردی برای تقویت پایداری اقتصادی،

خشک کردن نظیر انجمادی، خلأ و مایکروویو در مقایسه با روش‌های سنتی، توان بالاتری در حفظ کیفیت تغذیه‌ای و ترکیبات زیست فعال دارند (Wojdyło et al., 2019). ازسوی دیگر، توسعه محصولات فراسودمند نظیر سرکه عنب، نوشیدنی‌های تخمیری پروبیوتیک و فرآورده‌های کم‌شکر، نمونه‌هایی از ارتقای کارکردی محسوب می‌شوند؛ زیرا علاوه بر افزایش ارزش افزوده، امکان ورود به بازارهای تخصصی‌تر را فراهم می‌سازند (Cai et al., 2024). ظرفیت زیستی عنب، شامل فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد دیابتی و ضدسرطانی پشتوانه علمی توسعه این محصولات است (Lin et al., 2019; Liu et al., 2020). همچنین اثرات ضد دیابتی عنب، از طریق کاهش سطح گلوکز خون، بهبود پروفایل لیپیدی و مهار آنزیم‌های α -آمیلاز و α -گلوکوزیداز گزارش شده است که پتانسیل بالای این میوه را برای توسعه محصولات غذایی و دارویی فراسودمند تأیید می‌کند (Mourya et al., 2017; Lin et al., 2019). جدول ۳ نشان می‌دهد که فرآوری این میوه می‌تواند با حفظ ترکیبات زیست فعال، نقش مؤثری در ارتقای محصولی و کارکردی

شکل ۱- مقایسه زنجیره ارزش فعلی عنب در ایران با زنجیره ارزش ارتقایافته

مبتنی بر فناوری های پس از برداشت و فرآوری



افزایش درآمد تولیدکنندگان و توسعه پایدار صنعت عنب را فراهم می سازد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که ایجاد ارزش افزوده پایدار در زنجیره عنب، به مدیریت مؤثر مرحله پس از برداشت و فرآوری وابسته است. سازوکارهای زیستی افت کیفیت شامل اتلاف رطوبت، افزایش شدت تنفس، نرم شدگی بافت، تنش اکسیداتیو، آسیب سرمایی و فساد میکروبی، موجب ماندگاری کوتاه محصول و اتلاف ارزش اقتصادی می شوند. براین اساس، کنترل این سازوکارها از طریق فناوری هایی نظیر مدیریت دما، بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده، پوشش های خوراکی، تیمارهای فیزیولوژیک و فناوری های غیرحرارتی، منجر به افزایش عمر ماندگاری، کاهش ضایعات و تثبیت کیفیت می شود. با این حال، تحقیقات بیشتری در مورد مزیت و مقایسه هر کدام از این روش ها با توجه به شرایط تولید عنب در ایران مورد نیاز است، همچنین، سرمایه گذاری هدفمند در زیرساخت های سردخانه ای، توسعه بسته بندی های نوین و حمایت از صنایع فرآوری می تواند سهم تولیدکنندگان از ارزش نهایی

اجتماعی و زیست محیطی زنجیره ارزش عنب محسوب می شود.

شکل ۱ مقایسه ای میان زنجیره ارزش فعلی عنب در ایران و زنجیره ارزش ارتقایافته مبتنی بر فناوری های پس از برداشت و فرآوری را ارائه می کند. در زنجیره ارزش فعلی، محصول پس از برداشت سنتی و با حداقل عملیات مدیریتی و فرآوری، مستقیماً به بازار عرضه می شود که پیامدهایی نظیر ضایعات بالا، افت سریع کیفیت، محدودیت در فرآوری و سهم اندک تولیدکننده از ارزش افزوده را به همراه دارد. در مقابل، زنجیره ارزش ارتقایافته با بهره گیری از فناوری های نوین پس از برداشت شامل نگهداری مناسب، کنترل شرایط انبارداری، فرآوری متنوع، بسته بندی پیشرفته (مانند بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده)، استفاده از پوشش های خوراکی، کنترل دما، پایش کیفیت و به کارگیری سامانه های ردیابی و برندسازی، موجب افزایش کیفیت و ماندگاری محصول، کاهش ضایعات، توسعه بازارهای داخلی و صادراتی و ایجاد ارزش افزوده بیشتر در تمامی حلقه های زنجیره می شود. این رویکرد ضمن ارتقای بهره وری و رقابت پذیری محصول، زمینه

محصول را افزایش داده و وابستگی به خام‌فروشی را کاهش دهد. ادغام نظام‌مند فناوری‌های پس از برداشت و فرآوری در ساختار زنجیره، راهبردی مؤثر برای کاهش اتلاف ارزش، تقویت پایداری اقتصادی و ارتقای رقابت‌پذیری عنب ایران در بازارهای داخلی و منطقه‌ای محسوب می‌شود.

References

- Ashraf, M.A., Khan, A.S., Azam, M. Ayyub, S., Kaleem, M.M., Nawaz, S. and Abubakr, M. 2025. Innovative technologies in postharvest management of fruits and vegetables: A review. *European Food Research and Technology*, 251(11): 3445–3463. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04861-4>.
- Bao, T., Hao, X., Shishir, M.R.I., Karim, N., and Wei, C. 2021. Cold plasma: An emerging pretreatment technology for the drying of jujube slices. *Food Chemistry*, 127783. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127783>.
- Cai, W., Zhuang, H., Wang, X., Fu, X., Chen, S., Yao, L., Sun, M., Wang, H., Yu, C., and Feng, T. 2024. Functional nutrients and jujube-based processed products in *Ziziphus jujuba*. *Molecules*, 29 (14): 3437. <https://doi.org/10.3390/molecules29143437>.
- Dias, C.L.A., Ribeiro, T.I.B., Rodrigues, A.C., Ferrante, A., Vasconcelos, M.W., and Pintado, M., 2021. Improving the ripening process after 1-MCP application: implications and strategies. *Trends in Food Science and Technology*. 113(5): 382–396. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.012>.
- Dou, J., Kou, X., Wu, C., Fan, G., Li, T., Li, X., Zhou, D., Yan, Z., and Zhu, J. 2023. Recent advances and development of postharvest management research for fresh jujube fruit: A review. *Scientia Horticulturae*, 310:111769. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111769>.
- Islam, A., Ackalim, R., Ozturk, B., Aglar, E., and Kaiser, C. 2022. Combined effects of Aloe vera gel and modified atmosphere packaging treatments on fruit quality traits and bioactive compounds of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit during cold storage and shelf life. *Postharvest Biology and Technology*, 187: 111855. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111855>.
- Jahangiri, F., Mohanty, A.K., and Misra, M. 2024. Sustainable biodegradable coatings for food packaging: challenges and opportunities. *Green Chemistry*, 26(9): 4934-4974. <https://doi.org/10.1039/d3gc02647g>.
- Lin, X., Ji, X., Wang, M., Yin, S., and Peng, Q. 2019. An alkali-extracted polysaccharide from *Zizyphus jujuba* cv. Muzao: Structural characterizations and antioxidant activities. *International Journal of Biological Macromolecules*,

- 136: 607-615. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.117>.
- Liu, H., Yang, W., Zhang, Q., and Lv, Z., Zhang, G., Jiao, Z., and Liu, J. 2025. Comprehensive evaluation method to reveal the combined effects of maturity and modified atmosphere packaging on jujube storage qualities. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19(5): 3552–3566. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03201-0>.
- Liu, M., Wang, J., Wang, L., Liu, P., Zhao, J., Zhao, Z., Yao, S., Stanica, F., Liu, Z., Wang, L., Ao, C., Dai, L., Li, X., Zhao, X., and Jia, C. 2020. The historical and current research progress on jujube – a superfruit for the future. *Horticulture Research*, 7: 119. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00346-5>.
- Maldonado, M., Romero-Aibar, J., and Calvo, J. 2022. The melatonin contained in beer can provide health benefits, due to its antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(8): 3738-3747. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12179>.
- Moradinezhad, F., Ghesmati, M., and Khayyat, M. 2019. Postharvest calcium salt treatment of fresh jujube fruit and its effects on biochemical characteristics and quality after cold storage. *Journal of Horticultural Research*, 27(2): 39–46. <https://doi.org/10.2478/johr-2019-0009>.
- Moradinezhad, F., Setayesh, F., Mahmoodi, S., and Khayyat, M. 2016. Physicochemical properties and nutritional value of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit at different maturity and ripening stages. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(1): 43–50. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2016.58160>.
- Moradinezhad, F., and Dorostkar, M. 2020. Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Quality Attributes and Sensory Evaluation of Fresh Jujube Fruit. *International Journal of Fruit Science*. 21(1): 1-13. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1858470>.
- Moradinezhad, F., Naeimi, A. and Farhangfar, H. 2018. Influence of edible coatings on postharvest quality of fresh Chinese jujube fruits during refrigerated storage. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(1): 1-14. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2018.1119.1002>.

- Mourya, P., Shukla, A., Rai, G., & Lodhi, S. 2017. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of ethanolic and aqueous extracts from *Ziziphus oenopia* (L) Mill. on alloxaninduced diabetic rats. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 6(1): 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2016.12.002>.
- NajafNajafi, A. and NajafNajafi, M. 2025. Design of a closed-loop supply chain network for recycling agricultural waste under uncertainty conditions. Proceedings of the 22nd National Student Conference in Industrial Engineering, Zanzan, Iran. (In Persian)
- NajafNajafi, M. 2024. Food loss and waste and its role in food security. Proceedings of the 2nd National Conference of Food Safety, Security and Health, Mashhad, Iran. (In Persian)
- NajafNajafi, M., Arianmehr, A., & Sani, A.M. 2020. Preparation of Barije (*Ferula gummosa*) essential oil-loaded liposomes and evaluation of physical and antibacterial effect on *Escherichia coli* O157:H7. Journal of Food Protection, 83(3): 511-517. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-285>.
- Nikkhah, M., and Hashemi, M. 2020. Boosting antifungal effect of essential oils using combination approach to control postharvest spoilage and preserve jujube fruit quality. Postharvest Biology and Technology, 164: 111159. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111159>.
- Rashwan, A.K., Karim, N., Shishir, M.R.I., Bao, T., Lu, Y., and Chen, W. 2020. Jujube fruit: A potential nutritious fruit for the development of functional food products. Journal of Functional Foods, 75: 104205. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104205>.
- Reche, J., García-Pastor, M.E., Valero, D., Hernández, F., Almansa, M.S., Legua, P. and Amorós. A. 2019. Effect of modified atmosphere packaging on the physiological and functional characteristics of Spanish jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cv ‘Phoenix’ during cold storage. Scientia Horticulturae. 258: 108743. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108743>.
- Sang, Y., Sun, P., Wang, Y., Guo, J., Tang, Y., Shen, P., Guo, M., and Chen, G. 2022. Postharvest treatment with 1-methylcyclopropene and chitosan enhances the antioxidant capacity and maintains the quality of Hui jujube (*Ziziphus*

- jujuba* Mill. cv. Huizao) during cold storage. Journal of Food Processing and Preservation, 46(12): 16483. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16483>.
- Sun, Y., Li, M., Ji, S., Cheng, S., Zhou, Q., Zhou, X., Li, M., and Wei, B. 2022. Effect of exogenous melatonin treatment on quality and softening of jujube fruit during storage. Journal of Food Processing and Preservation, 46: 16662. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16662>.
- Wang, L., Luo, Z., Ban, Z., Jiang, N., Yang, M. and Li, L. 2021. Role of exogenous melatonin involved in phenolic metabolism of *Zizyphus jujuba* fruit. Food Chemistry, 341(2): 128268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128268>.
- Wang J, Huang K, Wu Z, and Yu Y. 2022. Effects of ultrasound-assisted low-concentration chlorine washing on ready-to-eat winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao): Cross-contamination prevention, decontamination efficacy, and fruit quality. Ultrasonics Sonochemistry, 82: 105905. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105905>.
- Wojdyło, A., Lech, K., Nowicka, P., Hernández, F., Figiel, A. and Carbonell-Barrachina, A.A. 2019. Influence of different drying techniques on phenolic compounds, antioxidant capacity and colour of *Zizyphus jujuba* Mill. fruits. Molecules, 24(13): 2361. <https://doi.org/10.3390/molecules24132361>.
- Yogita, Jalwania, R., Prajapati, C.S., Roy, S., Abrol, P., Chand, K., Kumar, A., and Darbha, S. 2025. Extension strategies to promote post-harvest management and value addition: A review. Horticulture, 9(4): 577–587. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i4g.4156>.

The role of postharvest and processing technologies in technological improvement of the jujube (*Ziziphus jujuba*) value chain

Masoud Najaf Najafi ^{*1}, Ali Najaf Najafi ²

1. Associate Professor, KhorasanRazavi Agricultural and Natural Resources Research and Education-Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. (Corresponding author)
2. PhD student, Faculty of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran,Iran.

Received: February 2026 Accepted: July 2026 - DOI: 10.22092/mpt.2026.372284.1213

Abstract

Najaf Najafi, M., Najaf Najafi, A., The role of postharvest and processing technologies in technological improvement of the jujube (*Ziziphus jujuba*) value chain

Iranian Medicinal Plants Technology, Vol 7, No. 2, 2025 13-14: 88-104(in Persian)

Abstarct

Jujube, as one of the most important horticultural and medicinal plants in arid and semi-arid regions, possesses high nutritional and functional potential. However, the structure of its value chain in Iran is largely dependent on the sale of raw products, with limited technological integration in postharvest and processing stages. A considerable portion of the economic loss of this product stems from biological mechanisms of quality deterioration, including moisture loss, increased respiration rate, tissue softening, oxidative stress, enzymatic browning, and microbial spoilage during the post-harvest period. The present study, adopting a review-analytical approach, examines the role of post-harvest and processing technologies within the framework of upgrading the jujube value chain. In this framework, upgrading is analyzed at three levels—process, product, and functional—and its relationship with technological interventions is elucidated. The findings indicate that temperature management, modified atmosphere packaging, edible coatings, physiological treatments, non-thermal technologies, and chemical treatments

Email address of the corresponding author: mnajafi.mhd@gmail.com

can achieve process upgrading by reducing losses by 20–40% and significantly extending shelf life. This quality improvement provides the necessary foundation for the development of processed products such as dried jujube, powder, extracts, and fermented products, thereby creating the basis for product and functional upgrading. Based on the findings of this study, the post-harvest stage is identified as a leverage point for value chain upgrading. Targeted investment in cold storage infrastructure, development of novel packaging, and support for processing industries can increase the domestic value-added share, reduce dependence on raw sales, and enhance the economic, social, and environmental sustainability of the jujube value chain.

Keywords: Medicinal plant, Quality improvement, Product upgrading, Economic sustainability, Value added