



کاهش ضایعات میوه آلو بخارا در مراحل فرآوری

الهام آذرپژوه^{۱*}، سودابه عین افشار^۲ و پروین شرایعی^۳

^۱ و ^۳ دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

^۲ استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

چکیده

سالانه مقدار زیادی از محصولات کشاورزی در سراسر جهان ضایع شده و از بین می‌روند که در تولید آن‌ها هزینه، زمان و امکانات صرف شده است. این میزان ضایعات، اغلب خسارت بزرگی بر منابع غذایی جهان وارد می‌کند. میوه‌ها به دلیل داشتن رطوبت زیاد، فسادپذیر هستند، و در صورت عدم رعایت اصول فنی برداشت و پس از برداشت، از بین می‌روند. سالانه حدود ۱۲ میلیون تن آلو در جهان تولید می‌شود. ایران با تولید حدود ۳۱۴ هزار تن آلو، هفتمین تولیدکننده این میوه هسته‌دار در جهان است. سطح زیرکشت درختان بارور آلو در استان خراسان رضوی در حدود ۷ هزار و ۸۴۹ هکتار و میزان تولید آن ۶۲ هزار و ۵۹ تن است. حدود ۴۸/۷ درصد سطح زیرکشت آلو (۳ هزار و ۶۰۰ هکتار) و ۵۱/۷ درصد تولید استان (۳۲ هزار و ۱۱۵ تن) در شهرستان نیشابور است. توسعه تولید آلوی خشک در مناطق روستایی، سبب اشتغال‌زایی و کسب درآمد بیشتر برای کشاورزان شده و در کاهش ضایعات و افزایش ارزش‌افزوده این محصول، نقش بسزایی دارد. در حال حاضر، خشک‌کردن آلو در کشور عمدتاً به روش سنتی انجام می‌شود که به دلیل عدم رعایت اصول بهداشتی، تولید محصول استاندارد ممکن نیست. در این مقاله، نکات فنی فرآوری آلوی خشک‌باری شامل پوست‌گیری، آنزیم‌بری، بسته‌بندی مناسب و نگهداری در درجه حرارت و رطوبت نسبی مطلوب شرح داده شده است.

واژگان کلیدی: آلو خشک‌باری، بسته‌بندی، خشک‌کردن، ضایعات، فرآوری، نگهداری

بیان مسئله

آلو، میوه‌ای تک‌هسته‌ای با نام علمی *پرونوس دومستیک*^۱ از خانواده روزاسه^۲ است. ارقام شمس، طرقيه، بخارا و درگزی از ارقام بومی و تجاری آلو در استان خراسان رضوی هستند. حدود ۱۰ درصد آلوی تولیدی برای تازه‌خوری روانه بازار مصرف می‌شود و مابقی آن پس از پوست‌گیری و خشک‌کردن، بسته‌بندی و به بازارهای داخلی و یا برای صادرات عرضه می‌شود. میوه آلو به علت رطوبت بالا و همچنین کوتاه بودن فصل برداشت، اکثراً به شکل خشک، نگهداری و مصرف می‌شود (آن^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). روش‌های پوست‌گیری و خشک‌کردن از چالش‌های مهم فرآوری آلو هستند. وجود پوشش مومی در سطح آلو، لایه‌ای مقاوم در برابر خروج رطوبت در هنگام خشک‌شدن ایجاد می‌کند. برای رفع این مشکل از مواد شیمیایی مانند محلول‌های قلیایی استفاده می‌شود. محلول‌های قلیایی باعث ایجاد شکاف‌هایی در لایه مومی کوتیکول آلو شده و سرعت خروج آب را افزایش می‌دهند (آذریژوه، ۱۳۸۲).

انتخاب مناسب‌ترین روش برای پوست‌گیری میوه آلو قبل از خشک‌کردن بر مبنای کاهش زمان خشک‌کردن و حفظ کیفیت محصول از لحاظ رنگ، ارزش غذایی و طعم و مزه است. برای حفظ رنگ میوه آلو، از گوگرد استفاده می‌شود که با سوزاندن آن، گاز دی‌اکسید گوگرد تولید می‌شود. گاز دی‌اکسید گوگرد با به تأخیر انداختن واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن، رنگ روشن آلو را حفظ می‌کند. دی‌اکسید گوگرد همچنین روی شکل ظاهری محصول خشک اثر گذاشته و مدت‌زمان نگهداری آن را افزایش می‌دهد. دی‌اکسید گوگرد می‌تواند در صورت استنشاق یا مصرف آن توسط افراد حساس باعث آسم شود و بنابراین، مصرف آلوی خشک گوگرددهی‌شده برای بیماران آسمی توصیه نمی‌شود. سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا احتمال می‌دهد که از هر صد نفر یک نفر به سولفیت حساس است و حدود ۵ درصد از آسمی‌ها نیز در معرض خطر ابتلا به عارضه‌های جانبی هستند. با توجه به این‌که حدود ۱۰ درصد از جمعیت از آسم رنج می‌برند، این رقم به ۰/۵ درصد از کل جمعیت با پتانسیل حساسیت به سولفیت می‌رسد.

میوه آلو معمولاً به روش سنتی و در کنار باغ‌ها خشک می‌شود. مهم‌ترین معایب خشک‌کردن سنتی، سرعت پایین فرآیند و میزان بالای آلودگی میکروبی محصول تولیدی است. برای تولید آلو بخارای خشک‌کاری باکیفیت مناسب، انجام صحیح مراحل فرآوری (انتخاب مواد اولیه، پوست‌گیری، آنزیم‌بری، خشک‌کردن، بسته‌بندی و نگهداری) ضروری است. در مقاله حاضر، به شرح راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت آلوی خشک‌کاری پرداخته شده است.

معرفی دستورالعمل

رعایت نکات فنی در هر یک از مراحل برداشت، حمل و نقل، پوست‌گیری، آنزیم‌بری، خشک‌کردن، بسته‌بندی و نگهداری بر کاهش میزان تلفات میوه آلو مؤثر هستند.

انتخاب رقم و زمان مناسب برداشت

^۱*Prunus domestica*

^۲*Rosaceae*

^۳An

کاهش ضایعات میوه آلو بخارا در ... / الهام آذربژوه، سودابه عین افشار و پروین شرایعی

آلو بخارا، میوه‌ای بنفش، گوشتی و آبدار است. طعم میوه برخلاف سایر آلوها، ترش و دارای مالیک اسید، قند، مواد آلبومینوئیدی و پکتیکی است. میوه آلو بیشتر به صورت خشک مصرف می‌شود. آلوی مناسب برای خشک کردن باید درشت با بافت گوشتی بوده و دارای رطوبت کم و قند زیاد باشد. ارقام آلوی کالیفرنایی (شابلونی) و آلو بخارا برای خشک کردن مناسب هستند (شکل ۱). آلو برای خشک کردن را باید زمانی برداشت کرد که مواد جامد محلول آن ۲۳-۲۱ درصد باشد. در این زمان، انتهای متصل به شاخه میوه، چروکیده و رنگ گوشت، قهوه‌ای شده و از زرد متمایل به سبز به کهربایی تغییر می‌یابد. فصل برداشت آلو بخارا اواسط تابستان تا اوایل پاییز است (آذربژوه، ۱۳۹۶).



شکل ۱- آلو بخارا (راست) و آلو شابلونی (چپ)

جابه‌جایی و نگهداری آلوی تازه قبل از فرآوری

آلوی تازه ممکن است در اثر فشار، سائیدگی و ضربه دچار آسیب شود. برای جابه‌جایی آلوی تازه بایست از ظروف تمیز و قابل شست‌وشو استفاده کرد. از سبدهای پلاستیکی قابل شست‌وشو با ابعاد و حجم مناسب برای جابه‌جایی میوه آلو و حمل به واحدهای بسته‌بندی و فرآوری می‌توان استفاده کرد. سبد مناسب برای جابه‌جایی آلو دارای ابعاد $۳۷/۵ \times ۲۶/۵ \times ۱۸$ سانتی‌متر است (شکل ۲). آلوی تازه را قبل از فرآوری بایست در انبار سرد و ترجیحاً در دمای منهای یک تا صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد نگهداری کرد. میوه‌های آلو عموماً به گردوخاک، مواد شیمیایی و سموم دفع آفات آلوده‌اند. لذا میوه آلو پس از برداشت، ابتدا جداسازی و درجه‌بندی شده و سپس با آب‌نمک ۳ درصد (به میزان ۲ قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب) شست‌وشو می‌شود.



شکل ۲- سبد مناسب برای جابه‌جایی میوه آلو

پوست‌گیری

در روش سنتی، آلو با دست، پوست‌گیری می‌شود. میوه‌های آلو بهتر است در ظرف آب‌نمک ۷ درصد (۵ قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب) در دمای محیط، به مدت ۴ الی ۸ ساعت بسته به سفتی بافت میوه، غوطه‌ور شوند. سپس میوه‌های آلو از ظرف آب‌نمک خارج و با دست پوست‌گیری شوند (شکل ۳). در مورد میوه‌هایی که بافت سفتی دارند، توصیه می‌شود برای چند دقیقه در آب گرم با حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شده تا پوست آن‌ها راحت‌تر با دست جدا شود (دویماز، ۲۰۰۴).

غوطه‌وری میوه آلو در محلول‌های گوگردار

برای حفظ رنگ میوه‌های آلوی پوست‌گیری‌شده می‌توان از محلول‌های سولفیت، بی‌سولفیت، متابی‌سولفیت سدیم و متابی‌سولفیت پتاسیم استفاده کرد (کوچکی و آذرپژوه، ۲۰۱۰). مطابق استاندارد ملی ایران، حد مجاز متابی‌سولفیت سدیم ۲۵۰ پی‌پی‌ام تعیین شده است. میوه‌های آلو پس از پوست‌گیری در محلول بی‌سولفیت سدیم، به میزان ۱/۵ تا ۳ قاشق چای‌خوری یا متابی‌سولفیت سدیم به میزان ۱ تا ۲ قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب به مدت ۲/۵ دقیقه غوطه‌ور و پس از خارج شدن از محلول، به آرامی با آب سرد آبکشی و به روی طبق‌ها منتقل می‌شوند (شکل ۴) (آذرپژوه و شرایعی، ۱۳۹۵).

⁴ Doymaz

کاهش ضایعات میوه آلو بخارا در ... / الهام آذربایجان، سودابه عین افشار و پروین شرایعی



شکل ۳- آلو پوست‌گیری شده



پیش تیمار و آب کشی

انتقال به طبق

شکل ۴- غوطه‌وری آلو پوست‌گیری شده در محلول متابی سولفیت سدیم

خشک کردن آلو

خشک کردن در فضای باز و در معرض نور خورشید

در این روش، طبق‌های حاوی میوه آلو در فضای باز و در معرض نور خورشید قرار داده می‌شوند تا میوه‌ها در مدت چند روز به مقدار رطوبت ۸ درصد برسند. از لحاظ تجربی، هنگامی که میوه‌های آلو به یکدیگر نچسبند، رطوبت آلو خشک به حد مطلوب برای بسته‌بندی رسیده است. میوه‌ها باید هنگام شب به محل سربسته‌ای منتقل شوند یا روی آن‌ها پوشانده شود. در غیر این صورت، در هوای سرد و مرطوب شب، دوباره رطوبت هوا به میوه‌ها جذب می‌شود. محل خشک‌کردن میوه‌ها باید از جاده‌های خاکی، اسطبل‌ها، محل عبور و مرور افراد و حیوانات، منابع آلوده‌کننده و جمع‌آوری زباله به دور باشد. کف محل خشک‌کردن میوه‌ها باید سیمانی یا آسفالت باشد. طبق‌ها از جنس چوبی و یا ترجیحاً آلومینیوم با ابعاد ۱/۵ در ۲ متر هستند که سطح آن‌ها با توری پوشیده شده است (شکل ۵). طبق‌ها را بایست روی پایه‌هایی قرارداد تا بالاتر از سطح زمین باشند. طبق‌ها بهتر است با شیب ۴۵ درجه در معرض تابش مستقیم نور خورشید و در جهت وزش باد قرار گیرند. آلوهای پوست‌گیری شده

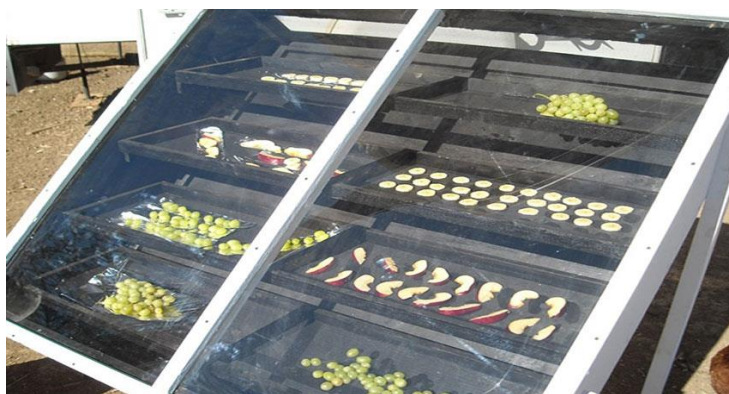
بایست روی طبق به‌طور مرتب و بافاصله چیده شوند. قبل از شروع عملیات و پس از خاتمه آن، طبق‌ها بایست شست‌وشو و تمیز گردند. برای کنترل خسارات ناشی از حمله پرنده‌گان و حشرات بهتر است توری نازکی روی طبق‌ها کشیده شود.



شکل ۵- طبق‌های مخصوص خشک کردن آلو در آفتاب

خشک کردن با خشک کن خورشیدی

در خشک کن خورشیدی، درجه حرارت و سرعت جریان هوا افزایش یافته و زمان خشک شدن میوه کاهش می‌یابد. بنابراین، احتمال کپک‌زدگی، فساد و کاهش کیفیت محصول تولیدی کمتر می‌شود. در این خشک‌کن‌ها با کمک صفحاتی از جنس فلز و شیشه (جمع‌کننده انرژی خورشیدی)، گرمای خورشید به هوا منتقل شده و هوای گرم وارد محفظه خشک کن می‌شود که قطعات میوه در آن قرار دارند (چاجی و آذرپژوه، ۱۳۹۶). در پاره‌ای دیگر از خشک‌کن‌ها، حرارت لازم برای بالا بردن دمای هوا از طریق جریان الکتریسیته و قراردادن المنت‌های حرارتی در داخل محفظه خشک کن تأمین می‌شود. در این شیوه باید دقت شود که دمای درون خشک کن از ۶۵ درجه سلسیوس بالاتر نرود (شکل ۶).



شکل ۶- خشک کن خورشیدی

کاهش ضایعات میوه آلو بخارا در ... / الهام آذربایجان، سودابه عین افشار و پروین شرایعی

خشک کردن با خشک کن صنعتی

در خشک کن صنعتی بایست از دمای ۶۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۵ درصد و جریان هوای ۲/۵ متر بر ثانیه برای خشک کردن میوه آلو استفاده کرد (شکل ۷). در این روش، کیفیت و رنگ محصول بهتر حفظ می شود. زمان خشک کردن، بسته به رقم آلو ۲۴ ساعت طول می کشد تا مقدار رطوبت میوه آلو به ۸ درصد برسد.

متعادل کردن رطوبت آلو خشک

میوه های آلو در درون خشک کن یا طبق خشک کن در شرایط یکسانی قرار ندارند. بنابراین، پس از پایان عملیات خشک کردن، بخش هایی از میوه ممکن است حاوی رطوبت بیشتر و بخش هایی دیگر، دارای رطوبت کمتری باشند. در این حالت، امکان کپک زدگی بخش های مرطوب تر میوه وجود دارد. برای رفع این مشکل، پس از خشک شدن میوه ها، آن ها را در جعبه های مخصوص قرار داده و هرچند روز یکبار زیر و رو می کنند تا رطوبت در تمام قسمت های محصول به طور یکنواخت پخش شود. در حجم کم، می توان میوه های آلو خشک را در دمای اتاق در ظروف دردار شیشه ای برای مدت ۱۰ الی ۱۵ روز نگهداری کرد تا رطوبت میوه های خشک متعادل شود (شکل ۸).



شکل ۷ - خشک کن صنعتی (خشک کن کابینتی)



شکل ۸- ظرف شیشه‌ای برای متعادل کردن رطوبت در آلوهای خشک

بسته‌بندی

آلوهای خشک را می‌توان به صورت بسته‌بندی‌های کوچک و بزرگ، در کیسه‌های پلی اتیلن (ساده یا تحت خلأ)، پاکت‌های بسته‌بندی دولایه و سه‌لایه یا به صورت فله در کارتن بسته‌بندی کرد (شکل ۹). آلوی خشک که گوگردزنی شده است، نباید با فلزات در تماس باشد. زیرا گوگرد با فلزات واکنش داده و باعث تغییر رنگ محصول می‌شود. در این شرایط بهتر است میوه‌های خشک را درون کیسه‌های پلاستیکی نفوذناپذیر بسته‌بندی کرد (آمیر^۵ و همکاران، ۲۰۲۲).



کارتن برای بسته‌بندی فله



بسته‌بندی تحت خلأ



بسته‌بندی در پلاستیک دولایه

شکل ۹- انواع بسته‌بندی آلو خشک‌باری

⁵ Ameer

نگهداری آلو خشکباری

شرایط انبارداری نقش بسیار مهمی در افزایش زمان نگهداری آلو خشک و کاهش ضایعات آن دارد. شرایط مناسب برای نگهداری آلو خشکباری، استفاده از انبار سرد با مقدار رطوبت نسبی پائین و بدون نور مستقیم آفتاب است. برای از بین بردن آفات و تخم حشرات در آلو خشک قبل از نگهداری می‌توان از روش‌های انجماد و حرارت استفاده کرد. در روش انجماد، آلو خشکباری را بایست به مدت دو روز در فریزر در دمای -18 درجه سلسیوس قرار داد. در روش حرارتی، خشکبار تولیدی در داخل سینی‌ها یا ظروف کم‌عمقی ریخته شده و سپس در یک گرمخانه با دمای حدود 65 درجه سلسیوس برای مدت 30 دقیقه قرار داده می‌شود تا آفات و حشرات در اثر حرارت نابود شوند.

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

- مناسب‌ترین زمان برداشت آلو بخارا برای فرآوری، هنگامی است که پوست آن با دست قابل جداسازی بوده و مقدار مواد جامد محلول آن $21-23$ درصد باشد.
- برای شست‌وشوی اولیه آلو بایست از آب‌نمک 3 درصد (2 قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب) استفاده شود. سپس میوه آلو در ظرف آب‌نمک 7 درصد (5 قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب) در دمای محیط، به مدت 4 الی 8 ساعت بسته به سفتی بافت میوه، غوطه‌ور شود.
- میوه‌های آلو پس از پوست‌گیری، در محلول بی‌سولفیت سدیم، به میزان $1/5$ تا 3 قاشق چای‌خوری و متابی‌سولفیت سدیم به میزان 1 تا 2 قاشق غذاخوری به ازای هر لیتر آب به مدت $2/5$ دقیقه غوطه‌ور و پس از خارج‌شدن از محلول، به آرامی با آب سرد آبکشی و به روی طبق‌ها منتقل شوند.
- برای خشک‌کردن آلو در آفتاب، میوه‌های آلو بایست در طبق‌های توری با ابعاد $1/5$ در 2 متر با شیب 45 درجه در معرض تابش مستقیم نور خورشید و در جهت وزش باد قرار گیرند.
- برای خشک‌کردن صنعتی میوه‌های آلو بایست از دمای 60 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 75 درصد و سرعت جریان هوای $2/5$ متر بر ثانیه استفاده شود. در کلیه روش‌های خشک‌کردن، مقدار رطوبت آلو بایست به مقدار 8 درصد کاهش یابد.
- برای بسته‌بندی آلو از کیسه‌های پلی‌اتیلن (ساده یا تحت خلأ)، پاکت‌های بسته‌بندی دولایه و سه‌لایه استفاده شود.
- بهترین شرایط انبارداری آلو خشک، مکان بدون نور مستقیم آفتاب، سرد و رطوبت پایین است.

فهرست منابع

- ۱- آذرپژوه، الهام. 1382 . بررسی روش‌های تولید آلو خشکباری در استان خراسان و بهینه‌سازی آنها. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره ثبت $82/514$.
- ۲- آذرپژوه، الهام. 1396 . روش تهیه آلو خشک. نشریه ترویجی، کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی.
- ۳- آذرپژوه، الهام و پروین شرایعی. 1395 . تأثیر پیش‌فرآیندهای پوست‌گیری و آبگیری اسمزی بر خصوصیات کیفی و حسی آلو خشکباری. نوآوری در علوم و فناوری غذایی (علوم و فناوری غذایی)، 8 (۴)، ص $79-88$.



- ۴- چاجی، حسین و الهام آذرپژوه. ۱۳۹۶. ارزیابی فنی حالت‌های مختلف استفاده از خشک‌کن خورشیدی برای خشک‌کردن آلو. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره ثبت ۱۴۷۱.
5. Ameer, K., M.U. Arshad, G. Jiang, M.A. Murtaza, M. Nadeem, M.A. Khan and S. Mahmood. 2022. Emerging and storage technologies of plum. In A. Gull, G.A. Nayik, S.M. Wani, V. Nanda (Eds.), Handbook of Plum Fruit: Production, Postharvest Science, and Processing Technology (pp. 177-193). Florida: CRC Press.
6. An, K., J. Wu, D. Tang, J. Wen, M. Fu, G. Xiao and Y. Xu. 2018. Effect of carbonic maceration (CM) on mass transfer characteristics and quality attributes of Sanhua plum (*Prunus Salicina* Lindl.). *LWT-Food Science and Technology*, 87: 537-545.
7. Doymaz, İ. 2004. Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Journal of Food Engineering*, 64 (4): 465-470.
8. Koocheki, A. and E. Azarpazhooh. 2010. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of plum using response surface methodology. *International Journal of Food Properties*, 13 (1): 155-166.

