

کاهش ضایعات انار با روش پیش‌خنک‌کردن

محمد علی به‌آئین*

استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

بیان مسئله و اهمیت موضوع

ضایعات محصولات کشاورزی یکی از مسائل مهم تولید است که امنیت غذایی، رفاه اجتماعی و اقتصادی را با چالش رو به رو می‌کند. بر اساس گزارش‌های موجود، ضایعات پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌های تازه بر اساس نوع محصول بین ۵ تا ۵۰ درصد متغیر است. ایران، بزرگترین تولیدکننده انار در جهان بوده و از نظر تنوع، سطح زیر کشت و تولید (۹۰۰ هزار تن در سال ۱۳۹۷) حایز رتبه اول است. این محصول به دلیل کیفیت مطلوب از مهم‌ترین میوه‌های صادراتی ایران و از نظر اقتصادی دارای اهمیت فراوان است؛ به طوری که در سال ۱۳۹۷، حدود ۱۵ هزار تن انار به ارزش ۱۵ میلیون دلار به کشورهای دیگر صادر شده است. استان فارس با ۲۵ درصد کل تولید، مقام اول و پس از آن استان مرکزی (۱۱ درصد تولید)، خراسان رضوی و اصفهان (۱۰ درصد تولید)، یزد (۷ درصد تولید) و سمنان (۶ درصد تولید) بیشترین مقدار تولید کشور را به خود اختصاص داده‌اند. میزان ضایعات پس از برداشت محصول انار حدود ۶۵ درصد گزارش شده است. برای عرضه خارج از فصل میوه انار در بازارهای داخلی و خارجی، نگهداری و کنترل عوامل مؤثر در کاهش ضایعات انار، اهمیت زیادی دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عمر پس از برداشت و کیفیت محصولات باغبانی، دما است. برای حفظ کیفیت و بازارپسندی، ضروری است که این محصولات، بلافاصله پس از برداشت، خنک شوند. عملیات پیش‌خنک‌کردن عبارت است از کاهش گرمای مزرعه و سردکردن محصول بعد از برداشت تا قبل از حمل و نقل، انبارداری و بسته‌بندی در مدت زمان کوتاه بعد از برداشت (حداکثر ۲۴ ساعت). پیش‌خنک‌کردن به عنوان مرحله‌ای از مدیریت دما است که از فساد و پیری محصول جلوگیری کرده و کاهش تنفس، افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت محصولات کشاورزی را به دنبال دارد. دمای باغ می‌تواند به بیش از ۳۰ درجه سلسیوس برسد. در بیشتر اوقات، اگر خنک‌کردن انجام نشود، ممکن است چند روز طول بکشد تا محصول به دمای نهایی سردخانه برسد. از دست رفتن کیفیت پس از برداشت، در نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیکی اتفاق افتاده و میزان آن به دمای محصول بستگی دارد. مطالعات نشان می‌دهد که به ازای هر ۱۰ درجه سلسیوس کاهش دما، میزان تنفس محصول، ۲-۴ برابر کاهش می‌یابد. روش‌های مختلفی برای پیش‌خنک‌کردن محصولات کشاورزی وجود دارد که در متغیرهایی مثل طبیعت محصول، نوع بسته‌بندی،

* نگارندهٔ مسئول: ali_behaen@yahoo.com

زمان خنک کردن، تماس آب با محصول، کاهش آب محصول، سرمایه‌گذاری اولیه و کارایی انرژی با هم تفاوت دارند. این روش‌ها شامل خنک کردن با هوای سرد اجباری (هوای فشرده)، خنک کردن در اتاق، خنک کردن در خلاء، خنک کردن با آب و خنک کردن با یخ است.

معرفی دستورالعمل

برداشت انار

میوه انار توسط کارگر و با روش دستی پس از چرخش با دست به سمت راست یا چپ، از شاخه جدا می‌شود (شکل ۱). در صورتی که ارقام پاکوتاه انار در باغ موجود باشد، برداشت با یک نفر و در باغ‌هایی که درختان دارای جثه بزرگ هستند، این کار به وسیله دو نفر انجام می‌شود؛ به طوری که یک نفر انار را از ارتفاع برداشت و به نفر دوم برای گذاشتن در جعبه می‌رساند. نکته مهم در برداشت انار، به خصوص برای انبارداری و صادرات، عدم ضربه به میوه است. ضربه وارد شده به پوست انار باعث می‌شود که پیش‌خنک کردن و انبارداری میوه با مشکل مواجه شود؛ چرا که در پیش‌خنک کردن انار، هوای سرد باید فقط به پوست میوه برخورد کرده و با آن تبادل گرمایی داشته و نباید با دانه و قسمت‌های ترک خورده میوه تماس داشته باشد.



شکل ۱- برداشت انار به صورت دستی

پیش‌خنک کردن میوه انار

پیش‌خنک کردن در مورد انار با اهداف کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های فاسدکننده، جلوگیری از خراب شدن میوه و کند شدن سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی صورت می‌گیرد. چنانچه دمای انار را در باغ کاهش نداده باشند، به محض رسیدن آن به سردخانه، باید دمای میوه را تا ۱۰ درجه سلسیوس پایین آورد. همچنین، پیش‌خنک کردن باید قبل از درجه‌بندی، نگهداری در سردخانه و بسته‌بندی انجام گیرد. بدیهی است که هر چه دمای محصول با سرعت بیشتری کاهش یابد، عمر انبارداری آن طولانی‌تر می‌شود. لذا انار بایستی پس از برداشت، سریع سرد شود.

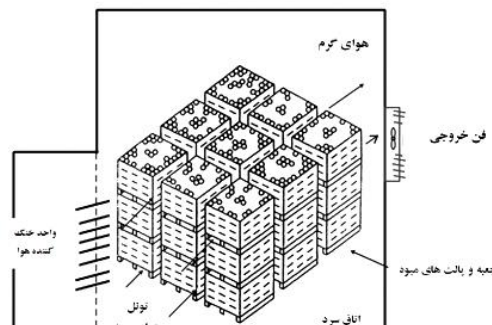


شکل ۲- قراردادن انار در زیر سایبان قبل از عملیات پیش‌خنک‌کردن

متداول‌ترین نوع سردکردن در محصولات نیمه‌گرمسیری مانند انار، استفاده از هوای سرد اجباری است که میوه‌ها به‌طور یکنواخت در معرض هوای سرد قرار می‌گیرند. در جاهایی که امکان پیش‌خنک‌کردن انار وجود ندارد، جعبه‌ها باید در زیرزمین یا محل سقف‌دار و یا زیر سایبان قرار داده شوند (شکل ۲). به محض رسیدن انار از باغ و قبل از چیدن جعبه‌ها در سردخانه، باید پیش‌خنک‌کردن انجام گیرد.

تجهیزات مورد نیاز در پیش‌خنک‌کردن انار

در پیش‌خنک‌کردن انار، ردیف‌هایی متشکل از جعبه‌ها به صورت پالت در اتاق خنک، به نحوی قرار داده می‌شوند که یک فضای خالی به شکل تونل در بین آن‌ها ایجاد شود. برای به جریان انداختن هوا از تونل و بین جعبه‌ها از یک پنکه قابل حمل استفاده می‌شود. این پنکه نسبت به پنکه‌های جریان محوری، دارای صدای کمتری است. نوع پنکه، بر اساس نوع محصول، مقدار محصولی که باید سرد شود و ترتیب قرارگیری محصول انتخاب می‌شود. هوای خنک با فشار پنکه از درون جعبه‌های روزنه‌دار میوه عبور کرده و پس از تبادل گرمایی با میوه، از طریق یک پنکه خروجی خارج می‌شود. برای استفاده بهتر از هوای خنک، انتها و بالای تونل ایجاد شده در بین جعبه‌های انار را می‌توان با یک پوشش از جنس برزنت پوشاند (شکل ۳). همچنین هوای خروجی از پنکه، از طریق یک کانال هوا، قابل برگشت به سیستم خنک‌کننده است. در انتهای دوره خنک‌کردن، سرعت پنکه را بایستی به میزان ۲۰-۴۰ درصد سرعت اولیه کاهش داد. موارد ذکر شده، در کاهش مصرف انرژی مؤثر است. پیش‌خنک‌کردن با این روش، به خنک‌کردن تونلی معروف بوده و با سرمایه‌گذاری کم، در تمام باغ‌های میوه از جمله باغ‌های انار قابل اجرا است. در این روش، فاصله بین جعبه‌های میوه و دیوارها ۱۵-۳۰ سانتی‌متر و بین جعبه‌ها و سقف، ۶۰-۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. ابعاد جعبه‌های انار با توجه به ارقام انار متفاوت بوده و در حالت کلی، ابعاد جعبه، ۳۱×۲۲×۱۰/۵ سانتی‌متر بوده و باید دارای روزنه‌های مناسب برای عبور هوا باشد. جعبه‌ها می‌تواند پلاستیکی یا از جنس مقوا بوده و یک ردیف محصول در جعبه قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که استحکام جعبه‌های پلاستیکی از جعبه‌های مقوایی با توجه به تعداد و اندازه روزنه‌ها در آن‌ها، بیشتر است.



شکل ۳- طرحواره و یک اتاق خنک برای پیش خنک کردن میوه انار

سرعت هوای سرد در پیش خنک کاری انار

سرعت مناسب هوای سردی که از روی میوه عبور می‌کند، مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در پیش‌خنک‌کردن است. سرعت ۱-۲ متر بر ثانیه، دامنه سرعتی است که برای پیش‌خنک‌کردن انار توصیه می‌شود. هر چه میزان سرعت هوای خنک بیشتر باشد، زمان‌های نیمه سرد شدن و هفت - هشتم سرد شدن سریع‌تر اتفاق می‌افتد. زمان نیمه و هفت - هشتم سرد شدن، زمان‌هایی است که اختلاف بین دمای محصول و هوای سرد به نصف یا هفت - هشتم دمای اولیه برسد. رسیدن به دمای هفت - هشتم، در کارهای تجاری و صادراتی کاربرد بیشتری دارد. سرعت جریان هوای سرد، با استفاده از یک بادسنج سیم داغ (آنومتر)، اندازه‌گیری می‌شود. همچنین برای تغییر سرعت، می‌توان از یک دیمر الکترونیکی در سیستم خنک‌کننده استفاده کرد (شکل ۵). در انار رقم شهوار (شکل ۴)، خنک‌کردن با سرعت ۱/۳ متر بر ثانیه، ۷۲۰۰ ثانیه (۱۲۰ دقیقه)، به طول می‌انجامد تا تمام قسمت‌های انار از جمله مرکز آن، خنک شود. البته باید توجه داشت که بعد از ۶۰۰۰ ثانیه (۱۰۰ دقیقه)، سرعت هوای ۱/۳ متر بر ثانیه، تأثیر کمی در خنک‌کردن محصول داشته و می‌توان سرعت هوای سرد را تا یک متر بر ثانیه کاهش داده و از اتلاف انرژی جلوگیری کرد. در انار رقم رباب (شکل ۴) با سرعت جریان هوای سرد ۱/۳ متر بر ثانیه، مدت زمان ۵۵۰۰ ثانیه (۹۲ دقیقه)، طول می‌کشد تا میوه انار خنک شود. لازم به ذکر است که بعد از ۴۵۰۰ ثانیه می‌توان سرعت را به یک متر بر ثانیه کاهش داد؛ چرا که این کاهش سرعت هوای سرد، تأثیر چندانی در خنک‌شدن نهایی میوه نداشته و در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود.



شکل ۴- انار رقم شهوار (سمت راست) و رقم رباب (سمت چپ)



شکل ۵- سرعت‌سنج (آنومتر) سیم داغ و قطعه الکترونیکی تغییر سرعت هوای سرد (دیمر)

میزان دبی و دمای هوای سرد

میزان دبی جریان هوا برای خنک‌کردن محصولات و از جمله انار، ۱-۳ لیتر بر ثانیه به ازای هر کیلوگرم محصول است. با افزایش دبی تا سه متر مکعب بر ثانیه، مدت زمان هفت - هشتم سرد شدن محصول، ۳۰-۴۰ درصد کاهش می‌یابد. دمای هوای سرد در نظر گرفته شده برای پیش‌خنک‌کردن میوه انار، ۷-۸ درجه سلسیوس است.

رطوبت نسبی در اتاق سرد و کاهش وزن میوه

رطوبت نسبی در اتاق پیش‌خنک‌کردن، بایستی در محدوده ۹۵-۹۰ درصد باشد. البته این رطوبت نسبی، بیشتر برای سبزی‌های برگ‌ی و گل‌های شاخه‌بریده که نسبت سطح به حجم بالایی دارند، به کار می‌رود. برای میوه‌هایی مثل انار که نسبت سطح به حجم آن‌ها پایین است، رطوبت نسبی در طی عملیات پیش‌خنک‌کردن به دلیل سرعت زیاد آن، اهمیت چندانی ندارد. پیش‌خنک‌کردن با هوای سرد در میوه‌ها، ممکن است باعث کاهش وزن آن‌ها شود. در مورد میوه انار، با توجه به پوست ضخیمی که دارد، کاهش وزن بسیار اندک و در حدود ۰/۲۱ درصد وزن میوه است (در انار رقم رباب و شهوار به‌طور متوسط ۱-۲ گرم کاهش وزن میوه برآورد شده است). با توجه به مزایای پیش‌خنک‌کردن انار، با اطمینان می‌توان این عمل را بدون کاهش وزن میوه انجام داد. برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی و دمای محل پیش‌خنک‌کردن، از ترموهیدرومتر استفاده می‌شود. در این وسیله، در اثر تغییر رطوبت هوا، جریان الکتریکی تولید شده متناسب با رطوبت موجود در هوا است (شکل ۶).



شکل ۶- ترموهیدرومتر دیجیتالی



فرآیند به‌کارگیری / نحوه اجرایی شدن

تولیدکنندگان و صادرکنندگان انار می‌توانند با اختصاص اتاقی عایق با سرمایه‌گذاری کم در باغ خود و به‌کارگیری یک پنکه و یخچال ساده که هوای سرد را به درون جعبه‌های میوه هدایت کند، عمل پیش‌خنک کردن محصول را انجام دهند. هوای سرد پس از عبور از روی محصول، دوباره می‌تواند با انرژی کمتری و پس از سرد شدن در سامانه خنک‌کننده، از طریق کانال‌های هوا از روی محصول عبور کند تا دمای محصول در نهایت به ۱۰ درجه سلسیوس برسد.

مزایا و اثربخشی

بهترین روش نگهداری و صادرات انار، استفاده از سردخانه است. نگهداری انار در سردخانه، ۲۰ درصد افت کمتر را نسبت به انبارهای معمولی داشته و کیفیت انار در سردخانه به مراتب بهتر حفظ می‌شود. همان‌طور که بیان شد، نگهداری انار در سردخانه، مستلزم انجام عملیات پیش‌خنک‌کردن روی انار بوده تا میزان تنفس و سایر فعالیت‌های فیزیولوژیکی میوه کاهش یابد. با توجه به تولید ۹۰۰ هزار تن انار در سال ۱۳۹۷ و قیمت هر کیلوگرم انار در عمده‌فروشی به میزان چهار هزار ریال، سودی در حدود ۲۳ میلیارد ریال در اثر کاهش ضایعات حاصل می‌شود.

میزان ضایعات پس از برداشت انار در سال (تن) ۵۸۵ هزار = ۶۵ درصد × ۹۰۰ هزار
مبلغ ضایعات پس از برداشت انار در سال (ریال) ۲۳۴۰۰ میلیون = ۴۰ هزار × ۵۸۵ هزار

نگهداری انار در سردخانه باعث کاهش افت وزن میوه، کاهش صدمه دیدن انار به وسیله حیوانات اهلی و وحشی و کاهش ضایعات ناشی از کرم گلوگاه و پوسیدگی‌های انباری می‌شود. قسمتی از کاهش ضایعات و زیان‌های اقتصادی پس از برداشت، مربوط به عملیات پیش‌خنک‌کردن انار است. این عملیات، میزان تنفس محصول انار را ۸-۴ برابر کاهش داده و به دلیل کاهش مرحله به مرحله دمای محصول، میوه انار را مستعد نگهداری در سردخانه می‌کند.