

## تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه در خشک‌کن آفتابی

سعید ملک\*، محسن حیدری سلطان‌آبادی، مرتضی خان‌احمدی، حمیدرضا قزوینی،

عادل میرمجیدی، محمد شاهدهی و اصغر کرمانی\*\*

\* نگارنده مسئول، نشانی: اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص. پ. ۱۹۹-۸۱۷۸۵، تلفن: ۰۳۱۱)۷۷۵۷۳۲۸،

پیام‌نگار: saidmalek@yahoo.com

\*\* به‌ترتیب اعضاء هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان؛ عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج؛ استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ و کارشناس سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۶/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

### چکیده

به‌منظور ارزیابی روش‌های تسریع در خشک‌شدن آلوچه با استفاده از خشک‌کن آفتابی موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد که تیمارهای آزمایش شامل روش تسریع در خشک‌شدن آلوچه در چهار سطح: ۱- شاهد (بدون تیمار خاصی)، ۲- سوراخ کردن مکانیکی، ۳- بلانچینگ، و ۴- استفاده از روغن استرالیایی سرد و زمان خشک‌شدن آلوچه در ۵ سطح: ۱- زمان آغاز خشک‌شدن (زمان صفر)، ۲- پس از گذشت ۷۲ ساعت، ۳- پس از گذشت ۱۴۴ ساعت، ۴- پس از گذشت ۲۸۸ ساعت، ۵- پس از گذشت ۳۳۶ ساعت بودند. در پایان هر تیمار زمانی، مواد جامد انحلال‌پذیر، درصد رطوبت، درصد اسیدیته، و تغییر وزن میوه اندازه‌گیری شد. آزمون کمی رنگ آلوچه و ارزیابی حسی رنگ، طعم، ظاهر، و مقبولیت کلی در محصول نهایی و ارزیابی حسی رنگ و ظاهر پس از دو ماه و پس از یک سال انبارمانی انجام شد. اندازه‌گیری‌های دما در قسمت‌های مختلف خشک‌کن نشان داد که بالاترین دمای هوای ورودی، خروجی و داخل میوه به‌ترتیب ۷۰، ۶۰، و ۵۱ درجه سانتی‌گراد است. بررسی‌ها نشان داد که تیمار سوراخ کردن مکانیکی و شاهد روندی مشابه در خشک‌کردن میوه دارند در حالی که تیمار روغن استرالیایی سرد سرعت بیشتری به خشک‌شدن میوه می‌دهد. تیمار بلانچینگ به نامطلوب شدن کیفیت میوه منجر شد. مقایسه میانگین‌های شاخص‌های کمی رنگ میوه نشان داد که محصول تیمارهای شاهد و سوراخ کردن مکانیکی بیشترین تیرگی، تیمار بلانچینگ بیشترین قرمزی، و تیمار روغن استرالیایی بیشترین زردی را دارد. نتایج آزمون‌های حسی نشان داد که از نظر طعم و مقبولیت کلی، داوران به روش روغن استرالیایی سرد بهترین امتیاز را داده‌اند. نتایج آزمون‌های حسی پس از دو ماه انبارمانی نشان داد که از نظر رنگ، روش سوراخ کردن مکانیکی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است.

### واژه‌های کلیدی

آلوچه، خشک‌کن آفتابی، سرعت خشک‌شدن، ویژگی‌های حسی، رنگ، انبارمانی

### مقدمه

منطقه به‌دلیل دارا بودن کیفیت خوب از معروفیت خاصی

برخوردار است. خشک‌کردن آلوچه یکی از مناسب‌ترین

روش‌ها جهت جلوگیری از ضایع شدن این محصول،

در استان اصفهان سالانه بیش از ۱۰۰۰۰ تن آلوچه،

آلو، و آلوزرد تولید می‌شود (Anon, 2001). آلوچه این



این محققان خشک کردن ۱۲ رقم آلوچه را به کمک هوای گرم بررسی کردند. در این مطالعه ارقام بر اساس اندازه به سه دسته تقسیم شدند و روند خشک شدن و تاثیر سرعت هوای خشک کن بر آنها بررسی شد. در پایان خشک شدن در ارزیابی حسی، به میوه‌های کوچک‌تر امتیاز کم‌تر تعلق گرفت.

باربانتی و همکاران (Barbanti *et al.*, 1995) نشان دادند که تفاوتی بین اثر هوای خشک و داغ ۱۰۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه بر سرعت خشک شدن آلوچه وجود ندارد. آنها همچنین دریافتند که غوطه‌ور کردن آلوچه در سود، بلانچینگ، و سوراخ کردن مکانیکی اثری معنی‌دار بر کاهش زمان خشک کردن دارد و طول عمر. آلوچه خشک شده با رطوبت کمتر از ۲۰ درصد، بیش از ۱۵۰ روز است.

آگوستوس لئون و همکاران (Augustus Leon *et al.*, 2002) ملاک ارزیابی سیستم خشک کن آفتابی را مدت زمان خشک کردن در نظر گرفتند. این محققان در مطالعه‌ای که روی انواع خشک کن‌های آفتابی انجام دادند پارامترهای مؤثر در این ارزیابی را به شرح زیر معرفی کردند:

رطوبت اولیه (بر اساس وزن تر)، رطوبت نسبی محیط طی روزهای خشک کردن، میزان محصول، چگالی بارگیری، سطح جمع‌کننده حرارت، سطح کل طبقات خشک کن، میزان جریان هوا (متر مکعب بر ساعت)، بازده کلی خشک کردن، کیفیت محصول خشک شده، حداکثر دمای خشک کردن، و هزینه خشک کن و خشک کردن.

السباعی و همکاران (El - Sebaili *et al.*, 2002) خشک کنی متشکل از یک صفحه صاف جهت گرم کردن و یک اتاق خشک کن متصل به آن ساختند؛ در این خشک کن از ماسه برای ذخیره انرژی استفاده و میوه‌های

کاهش وزن و حجم، و پایین آوردن هزینه نگهداری و حمل و نقل، آن است. مناسب‌ترین منبع انرژی برای خشک کردن محصولات کشاورزی نور و گرمای خورشید است. زیرا علاوه بر رایگان بودن، در همه نقاط ایران در دسترس نیز هست. در روش سنتی، خشک کردن محصول روی زمین انجام می‌شود. تماس محصول با خاک آلودگی محصول و بارش باران و تغییر شرایط جوی از بین رفتن محصول را به دنبال دارد.

برای خشک کردن محصولات باغی، به دلیل وجود پوست بیرونی، انتقال جرم به خوبی صورت نمی‌گیرد. لذا سعی گردیده است تا با اعمال پیش تیمارهای مناسب پوست میوه نسبت به خروج آب آماده و خشک شدن تسریع گردد. استفاده از خشک کن خورشیدی به دلیل سهولت و امکان استفاده در مناطق دور افتاده دارای مزیت می‌باشد و می‌تواند جایگزینی مناسب، ساده و تمیز برای روش سنتی گستراندن محصول روی زمین باشد.

ایسن (Eissen, 1986) زمان خشک کردن انگور با استفاده از خشک کن خورشیدی با همرفت طبیعی را ۷ تا ۸ روز گزارش کرد. در حالی که در روش تابش مستقیم، مدت خشک شدن میوه ۱۵ تا ۱۸ روز ذکر شده است.

تحقیقات ویتز و همکاران (Weitz *et al.*, 1989) نشان داد که استفاده از اولئات متیل ۴ درصد تیمار مؤثرتر برای افزایش سرعت خشک شدن آلوچه در مقابل خورشید است و ظاهر محصول نیز بهتر حفظ می‌شود و همچنین استفاده از امولسیون کربنات پتاسیم ۲ درصد همراه با روغن زیتون ۲ درصد از نظر هزینه با صرفه‌تر است.

باربانتی و همکاران (Barbanti *et al.*, 1994) نشان دادند که سرعت خشک شدن آلوچه عمدتاً به پوست میوه بستگی دارد و به رطوبت اولیه و مقدار مواد جامد پالپ میوه بستگی ندارد.

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2004) دستگاه خشک‌کن آفتابی با طبقات متحرک ساختند که در آن حداکثر دمای دستگاه ۷۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان خشک‌شدن سبزی ۲ تا ۴ روز بود.

در مطالعات له‌سسانی و همکاران (Lahsani *et al.*, 2004) در مورد خشک‌کن آفتابی مشاهده شد که دمای خشک‌کن عاملی مؤثر بر سرعت خشک‌کردن است و با افزایش دمای خشک‌کن و افزایش سرعت جریان هوای آن، سرعت خشک‌شدن نیز افزایش می‌یابد.

هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی اثر روش‌های تسریع در خشک‌شدن و مدت زمان خشک‌شدن آلوچه در خشک‌کن آفتابی بر کیفیت آلوچه خشک شده است.

### مواد و روش‌ها

جهت خشک‌کردن آلوچه، از خشک‌کن آفتابی موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان استفاده شد. در این خشک‌کن، از جریان هوای همرفت طبیعی استفاده می‌شود. در این سامانه، جمع‌کننده حرارتی شامل یک قاب از جنس گالوانیزه سیاه به طول ۲۷۶ سانتی‌متر، عرض ۱۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و به مساحت ۴/۱۴ متر مربع و لایه‌ای از عایق حرارتی از جنس پشم شیشه در زیر آن است. شیشه‌ای به قطر ۴ میلی‌متر نیز روی قاب نصب شده است (شکل ۱- الف). در انتهای قاب، اتاقک خشک‌کن به طول ۱۴۰ سانتی‌متر و عرض ۱۵۰ سانتی‌متر قرار گرفته است. طول و عرض جغرافیایی شهرستان اصفهان به ترتیب ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۲ درجه و ۴۱ دقیقه است. زاویه قاب با افق ۳۰ و زاویه اتاقک خشک‌کن با افق ۵ درجه

کره‌ای شکل مثل انگور بی‌دانه، انجیر، و سیب و سبزی‌هایی مثل نخود سبز، گوجه و پیاز را در آن خشک کردند. رطوبت تعادلی برای انگور بی‌دانه به ترتیب با ماسه و بدون ماسه پس از ۶۰ و ۷۲ ساعت به دست آمد. به این ترتیب ۱۲ ساعت صرفه‌جویی با مصرف ماسه حاصل شد. با استفاده از غوطه‌ور کردن انگور در آب جوش حاوی ۰/۴ درصد روغن زیتون و ۰/۳ درصد سود به مدت ۶۰ ساعت، سرعت خشک‌شدن بالا رفت.

دی مائو و همکاران (Di Mateo *et al.*, 2002) در تحقیقات خود نشان دادند که با ساییدن لایه واکسی پوست آلوچه، سرعت خشک‌کردن بالا می‌رود. ماده‌پا و همکاران (Madhopa *et al.*, 2002) دستگاه خشک‌کن آفتابی برای خشک‌کردن انبه به صورت لایه ساختند متشکل از دو قسمت جمع‌کننده حرارتی<sup>۱</sup> و اتاق خشک‌کن که در آن دمای هوا از ۳۱/۷ به حداکثر ۴۰/۱ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت میوه بر اساس ماده تر از ۸۴ درصد به ۱۳ درصد در پایان خشک‌شدن رسید. در تحقیق دیگر، بالا و همکاران (Bala *et al.*, 2003) از تونل خورشیدی برای خشک‌کردن آناناس به صورت لایه استفاده کردند. در این روش از یک جمع‌کننده حرارتی مسطح پلاستیکی و یک تونل خشک‌کن متصل به آن استفاده شد. ظرفیت خشک‌کن ۱۵۰-۱۲۰ کیلوگرم و دمای خشک‌کن بین ۳۴/۱ تا ۶۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بود.

بنامون و بلهامری (Bennamoun & Belhamri, 2003) از یک خشک‌کن خورشیدی به صورت غیر مداوم و با سطح جمع‌کننده ۳ متر مربع و یک منبع حرارتی ۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۵۰ کیلوگرم پیاز را در روز خشک کردند. روی هر سینی، ۲۵ کیلوگرم پیاز به مدت ۱۵ ساعت خشک شد.

خشک‌کن از دو تیغه در خروجی جمع‌کننده حرارتی استفاده شده است (شکل ۱-ب). در آزمایش‌ها به هنگام خشک‌شدن میوه، با نصب ترموکوپل (ساخت آلمان) در قسمت‌های مختلف خشک‌کن و در میوه و اتصال آن به مبدل (مدول ثبت داده‌ها) و رایانه، دما به صورت پیوسته با فاصله زمانی ۵ دقیقه ثبت شد.

است. با توجه به زاویه تابش نور خورشید در اصفهان و وجود زاویه ۳۰ درجه قاب، جمع‌کننده حرارتی حداکثر جذب نور خورشید را در مردادماه دارد. متوسط میزان انرژی دریافتی از خورشید بر رویه افقی در سطح زمین در اصفهان ۱۹۳۳۶/۲ کیلو وات بر متر مربع در روز محاسبه شده است. برای ایجاد یکنواختی گرمای ورودی به اتاقک



(ب)



(الف)

شکل ۱- خشک‌کن آفتابی و قسمت‌های آن، الف) جمع‌کننده حرارتی، ب) اتاقک خشک‌کن

سرد، و دیگری زمان خشک‌شدن آلوچه در خشک‌کن آفتابی در پنج سطح شامل: ۱- زمان آغاز خشک‌شدن (زمان صفر)، ۲- پس از گذشت ۷۲ ساعت، ۳- پس از گذشت ۱۴۴ ساعت، ۴- پس از گذشت ۲۸۸ ساعت و ۵- پس از گذشت ۳۳۶ ساعت.

سطح داخلی یک طبقه از اتاقک خشک‌کن به شش قسمت مساوی تقسیم و در هر قسمت یک سینی توری دار به مساحت ۳۱۵۰ سانتی‌متر مربع (به ابعاد ۷۰×۴۵ سانتی‌متر) قرار داده شد. از شش سینی موجود، چهار سینی به صورت تصادفی انتخاب و هر سینی به چهار قسمت مساوی تقسیم شد. روی هر قسمت، چهار

در مردادماه از یکی از باغ‌های قهرود کاشان، آلوچه رقم برقانی با وزن هر میوه در حدود ۳۵ تا ۴۰ گرم به صورت دستی برداشت شد و به محل آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان منتقل شد. به منظور ارزیابی کیفیت خشک‌شدن میوه آلوچه (با هسته و پوست) در خشک‌کن آفتابی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده یکی روش تسریع در خشک‌شدن آلوچه در خشک‌کن آفتابی بود در چهار سطح شامل: ۱- تیمار شاهد (بدون تیماری خاص)، ۲- سوراخ کردن مکانیکی، ۳- بلانچینگ، ۴- استفاده از روغن استرالیایی

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

آغاز خشک‌شدن، برابر با واحد (یک) در نظر گرفته شد و وزن میوه در هر یک از تیمارهای زمانی بر آن اساس محاسبه گردید.

#### اندازه‌گیری رطوبت میوه

از میوه‌های برداشت شده در هر تیمار، به اندازه ۵ گرم در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خشک شد. نسبت اختلاف وزن نمونه اولیه با نمونه خشک‌شده به وزن اولیه ضرب در صد، درصد رطوبت میوه را نشان می‌دهد (Anon, 1991).

#### اندازه‌گیری مواد جامد انحلال‌پذیر<sup>۱</sup> (TSS)

با استفاده از دستگاه رفاکتومتر (ساخت کشور چین)، مواد جامد انحلال‌پذیر آب میوه اندازه‌گیری شد (Anon, 1991).

#### اندازه‌گیری اسیددیده قابل تیتر شدن<sup>۲</sup> (TA)

درصد اسیددیده به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری و بر حسب درصد اسید مالیک با استفاده از معادله<sup>۱</sup> محاسبه شد (Anon, 1991).

$$TA = \frac{V_{NaOH} \times 0.0067 \times 100}{M} \quad (1)$$

که در آن،  $TA =$  اسیددیده اسید مالیک (بر حسب درصد)؛  $V_{NaOH} =$  مقدار سود ۰/۱ نرمال مصرفی (بر حسب میلی‌لیتر)؛ و  $M =$  وزن نمونه (بر حسب گرم) است.

#### اندازه‌گیری رنگ آلوچه

رنگ نمونه کامل آلوچه خشک‌شده به روش طیف‌سنجی انعکاسی<sup>۳</sup> در دستگاه تکس فلاش<sup>۴</sup> ساخت دیتاکالر آمریکا (موجود در دانشکده نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان) اندازه‌گیری شد. قطر دیافراگم دستگاه ۱۸ میلی‌متر بود و از منبع نوری D65 که مشابه نور روز

سینی توری‌دار کوچک تر به مساحت ۷۵۰ سانتی‌متر مربع حاوی حدود ۱۲۰۰ گرم آلوچه قرار داده شد. به این ترتیب ۱۶ سینی توری‌دار کوچک وجود داشت که هر کدام از آنها یک تکرار از هر تیمار در نظر گرفته شد.

در تیمار شاهد، نمونه‌های میوه بدون هیچ فرایندی در خشک‌کن قرار داده شد. در تیمار سوراخ کردن مکانیکی، به دلیل آبدار بودن میوه و به منظور جلوگیری از خروج پالپ از سوراخ‌ها، پس از یک هفته خشک‌شدن میوه در خشک‌کن، سوراخ‌هایی ریز با برس فلزی روی پوست نمونه‌ها ایجاد شد. در تیمار بلانچینگ ابتدا میوه به مدت ۱/۵ دقیقه درون آب جوش قرار گرفت و سپس به خشک‌کن منتقل شد. در تیمار استفاده از روغن استرالیایی سرد، نمونه‌های میوه به مدت ۲ دقیقه در روغن استرالیایی در دمای ۳۷ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (Maleki & Dokhani, 1991) و پس از آن به خشک‌کن انتقال یافت. زمان آغاز فرایند خشک‌کردن در هر چهار تیمار یکسان بود. در هر تیمار زمانی آزمایش‌های زیر اجرا شد:

#### اندازه‌گیری کاهش وزن میوه در خشک‌کن

در مرحله آغاز خشک‌شدن (زمان صفر)، وزن میوه در هر تکرار ثبت شد. در پایان هر یک از تیمارهای زمانی ۷۲، ۱۴۴، ۲۸۸، و ۳۶۶ ساعت پس از آغاز خشک‌شدن میوه در خشک‌کن آفتابی، وزن میوه در هر سینی توری‌دار کوچک اندازه‌گیری شد. سپس سه عدد میوه به صورت تصادفی برداشت و آزمایش‌های کیفی روی آنها اجرا شد. سینی کوچک حاوی میوه مجدداً توزین و به عنوان وزن اولیه تیمار زمانی بعدی در نظر گرفته شد. اختلاف وزنی ناشی از خروج رطوبت و احتمالاً خروج مواد به صورت ترشح از میوه طی خشک‌شدن است. وزن اولیه در زمان

1- Total Soluble Solids  
3- Reflectance

2- Titratable Acidity  
4- Texflash

گرفتند و طی این مدت چند بار مخلوط شدند تا به یک نسبت رطوبت داشته باشند. محصول خشک‌شده در بسته‌های پلاستیکی دو لایه HDPE<sup>1</sup> (ساخت کارخانه شبنم اصفهان) انبار شد. در هر تیمار، پس از دو ماه و پس از یک سال از محصول انبارمانی شده نمونه‌هایی به صورت تصادفی انتخاب و آزمون‌های حسی رنگ و ظاهر روی آنها انجام شد. داده‌ها در برنامه آماری SAS 6.12 آنالیز شد و در صورت معنی‌دار شدن اثر فاکتور، میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

شکل ۲، تغییرات دمای خشک‌کن و میوه را در مرحله خشک‌شدن آلوچه طی زمان نشان می‌دهد. بر این اساس، حداکثر دمای ورودی به خشک‌کن در حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. دمای درون میوه به حداکثر ۵۱ درجه سانتی‌گراد و دمای هوای خروجی خشک‌کن به حداکثر ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از خشک‌کن آفتابی توانسته است دمای محیط را که در حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود دو برابر کند بدون آنکه هزینه‌ای بابت انرژی تولید شده صرف شود. در دستگاه خشک‌کن آفتابی سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2004) حداکثر دمای دستگاه به ۷۵ درجه سانتی‌گراد رسید. حداکثر دمای خشک‌کن بالا و همکاران (Bala *et al.*, 2003) ۶۴ درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

جدول ۱، تجزیه واریانس اثر زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر مواد جامد انحلال‌پذیر، درصد رطوبت، درصد اسیدیته، و تغییرات وزن آلوچه خشک‌شده در خشک‌کن

است استفاده شد (deMan, 1990). با استفاده از این دستگاه، شاخص‌های عددی رنگ شامل  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  اندازه‌گیری شد. در این روش، تیرگی یا روشنی جسم با حرف  $L^*$  نشان داده می‌شود و بر حسب نزدیکی رنگ به سفید یا سیاه به ترتیب از ۱۰۰ تا صفر تغییر می‌کند. عدد  $a^*$  با ارقام مثبت قرمز بودن و با ارقام منفی سبز بودن محصول و عدد  $b^*$  با ارقام مثبت زردی و با ارقام منفی آبی بودن را نشان می‌دهد. در هر تیمار، ۳ آلوچه خشک‌شده به صورت کامل در دستگاه قرار گرفت.

### ارزیابی حسی

ارزیابی حسی طعم، رنگ، ظاهر، و مقبولیت کلی آلوچه‌های خشک‌شده با حضور ۹ تا ۱۰ نفر داور آموزش دیده و با استفاده از روش آماری مقایسه چندگانه (مقایسه تیمارها بین یکدیگر) صورت گرفت. امتیاز ۱ برای بهترین و امتیاز ۴ برای بدترین کیفیت در نظر گرفته شد. امتیازهایی که داوران دارند با یکدیگر جمع و به‌عنوان امتیاز نهایی آن صفت محسوب شد. عدد محاسبه شده با عدد جدولی که بر مبنای تعداد داور (تکرار) و تعداد تیمار تهیه شده است، مقایسه شد (Kramer & Twigg, 1966).

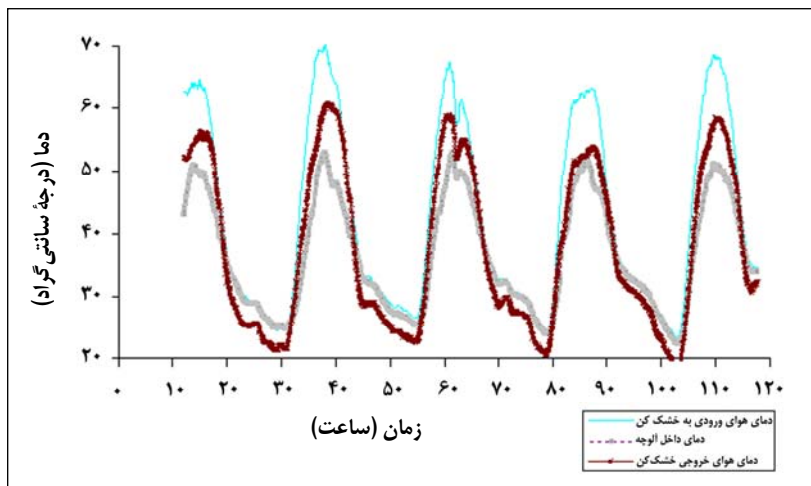
تست به هم چسبی دو میوه: به‌منظور تعیین انتهای عمل خشک‌شدن، از روش به‌هم‌چسبی دو میوه استفاده شد. در این روش، دو میوه خشک شده به هم فشار داده می‌شوند؛ اگر خشک‌شدن کافی باشد، دو میوه به هم می‌چسبند و با یک ضربه از هم جدا می‌شوند. چسبندگی بیشتر، نشانه ناکافی بودن خشک‌شدن و نچسبیدن میوه‌ها نشانه خشک‌شدن بیش از حد است (Maleki & Dokhani, 1991).

پس از پایان خشک‌شدن در تمام تیمارها، میوه‌های خشک شده به مدت ۲ هفته در ظرف بزرگ در بسته قرار

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

معنی‌دار بوده و با گذشت زمان رطوبت میوه کاهش یافته است (سطح احتمال ۱ درصد)، و همچنین تیمار زمان در خشک‌کن به دلیل کاهش تدریجی رطوبت و کاهش معنی‌دار وزن میوه طی زمان خشک‌شدن، موجب افزایش معنی‌دار درصد اسیدیته شده است (جدول ۱ و شکل ۴).

آفتابی را نشان می‌دهد. بر این اساس، تیمار زمان بر مواد جامد انحلال‌پذیر تأثیر معنی‌دار گذاشت. با گذشت زمان و کاهش تدریجی رطوبت، مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر در تمام تیمارها افزایش یافت (شکل ۳). نتایج جدول ۱ و شکل ۳ نشان می‌دهد که اثر زمان بر درصد رطوبت میوه

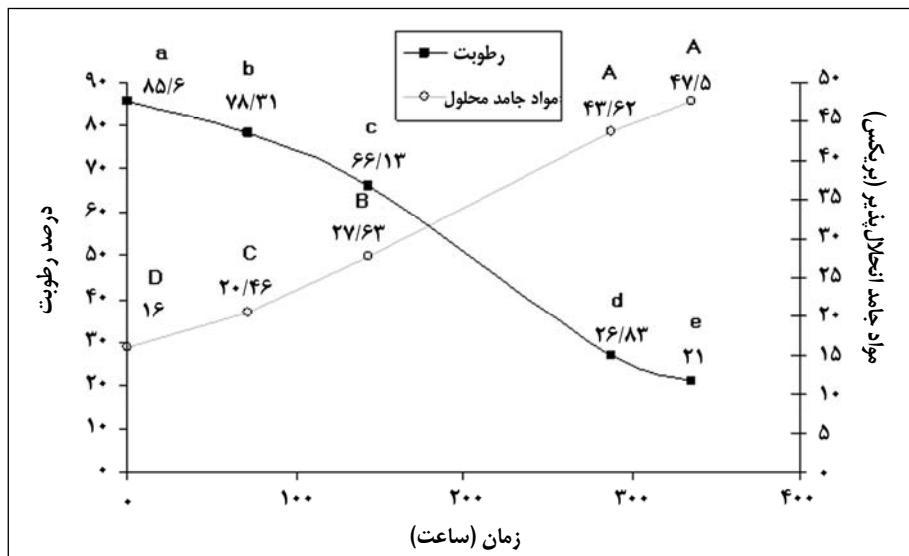


شکل ۲- تغییرات دمای خشک‌کن و میوه طی خشک‌شدن آلوچه در خشک‌کن آفتابی

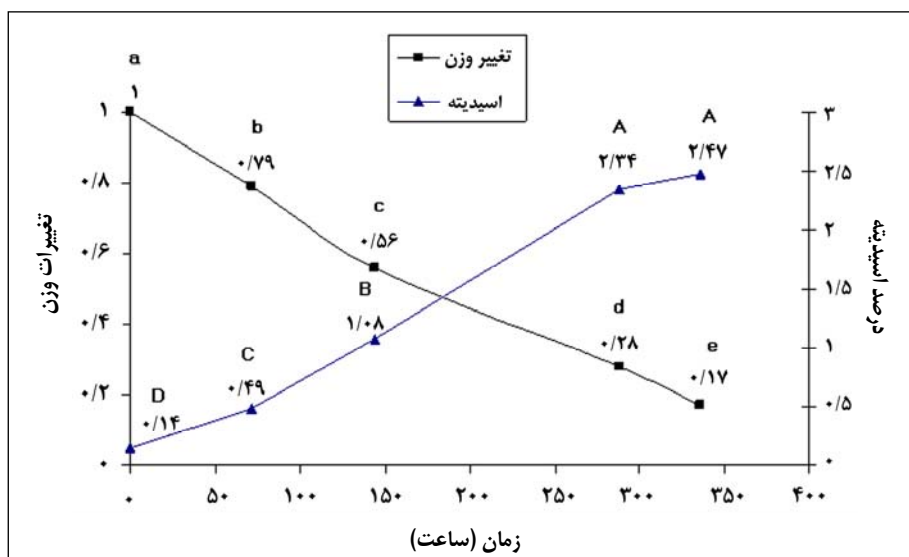
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر مواد جامد انحلال‌پذیر، درصد رطوبت، درصد اسیدیته، و تغییرات وزن آلوچه خشک شده در خشک‌کن آفتابی

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس)	رطوبت (درصد)	اسیدیته اسید مالیک (درصد)	تغییرات وزن
تکرار	۳	۱۷/۹۸	۱/۰۸	۰/۳۶	۰/۰۰۳
زمان	۴	۲۴۴۵/۷۴**	۱۲۹۰۴/۹**	۱۴/۴۳**	۱/۶۷**
روش تسریع در خشک‌شدن	۳	۶۱/۷۵ns	۱۹۹/۴۴**	۰/۸۴**	۰/۰۵**
زمان × روش تسریع در خشک‌شدن	۱۱	۳۸/۱۵ns	۳۱/۱۵**	۰/۲۹**	۰/۰۰۹**
خطا	۵۳	۲۵/۱۷	۰/۲۲	۰/۱	۰/۰۰۲۵

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار



شکل ۳- اثر زمان بر مواد جامد انحلال پذیر و درصد رطوبت آلوچه در خشک کن آفتابی (میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند)



شکل ۴- اثر زمان بر تغییرات وزن و درصد اسیدیتته آلوچه در خشک کن آفتابی (میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند)

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که اثر روش تسریع در خشک شدن آلوچه، علاوه بر مواد جامد انحلال پذیر، بر سه شاخص کیفی اندازه گیری شده شامل درصد رطوبت، درصد اسیدیتته و تغییرات وزن آلوچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. نتایج همچنین نشان می دهد که میوه در روش بلانچینگ و روغن استرالیایی سرد کمترین

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که اثر روش تسریع در خشک شدن آلوچه، علاوه بر مواد جامد انحلال پذیر، بر سه شاخص کیفی اندازه گیری شده شامل درصد رطوبت،



تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

نام برد. از طرفی، مشاهده می‌شود که در روش بلانچینگ، روی پوست میوه به دلیل شدت حرارت‌دهی ترک‌هایی ایجاد می‌شود که علاوه بر خروج سریع تر رطوبت، بخشی از پالپ میوه نیز در حین خشک‌شدن به صورت چکه از آن جدا می‌شود.

طبق جدول ۱، اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک‌شدن به جز بر مواد جامد انحلال‌پذیر، بر درصد رطوبت، درصد اسیدیتته، و تغییرات وزن آلوچه خشک‌شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱ و شکل ۵). در روش بلانچینگ، خروج رطوبت و مواد جامد انحلال‌پذیر به صورت چکه موجب می‌شود تا میزان مواد جامد انحلال‌پذیر نسبت به سایر تیمارها بیشتر شود بدون آنکه این افزایش معنی‌دار باشد.

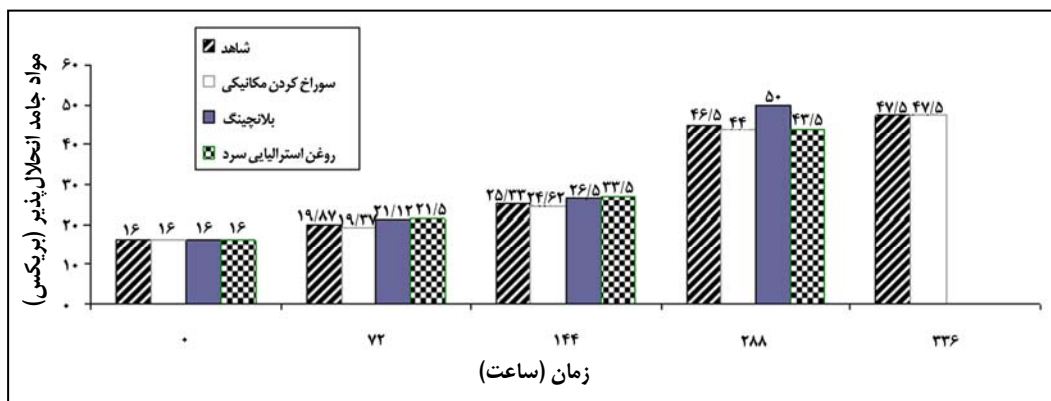
رطوبت و در تیمار شاهد بیشترین رطوبت را داراست (جدول ۲). تحقیقات دی ماتئو و همکاران (Di Mateo et al., 2002) نیز نشان می‌دهد که با ساییدن لایه واکسی پوست آلوچه، خشک‌شدن و در نتیجه کاهش رطوبت تسریع می‌شود.

طبق جدول ۲، بیشترین اسیدیتته آلوچه در روش بلانچینگ مشاهده می‌شود که علت آن احتمالاً کمتر بودن رطوبت میوه است. درصد اسیدیتته آلوچه در سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ندارد. همچنین، بیشترین کاهش وزن در روش بلانچینگ دیده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که دو روش بلانچینگ و استفاده از روغن استرالیایی سرد در میزان رطوبت، اسیدیتته، و کاهش وزن اختلاف معنی‌دار ندارند و می‌توان از این دو تیمار به عنوان روش‌های مؤثر در کاهش رطوبت و وزن میوه در خشک‌کن

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر مواد جامد انحلال‌پذیر، درصد رطوبت، درصد اسیدیتته، و تغییرات وزن آلوچه خشک شده در خشک‌کن آفتابی

میانگین شاخص‌های کیفی				
تغییرات وزن	اسیدیتته (درصد اسید مالیک)	رطوبت (درصد)	مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس)	روش‌های تسریع در خشک‌شدن
۰/۶۰b	۱/۱۱b	۵۹/۰۸a	۲۹/۲۳a	شاهد
۰/۶۱b	۱/۱۸ab	۵۷/۱۹b	۲۹/۳۹a	سوراخ کردن مکانیکی
۰/۵۱a	۱/۴۱a	۵۲/۶۷c	۲۸/۴۱a	بلانچینگ
۰/۵۴a	۱/۱۲b	۵۲/۴۶c	۲۸/۷۵a	روغن استرالیایی سرد

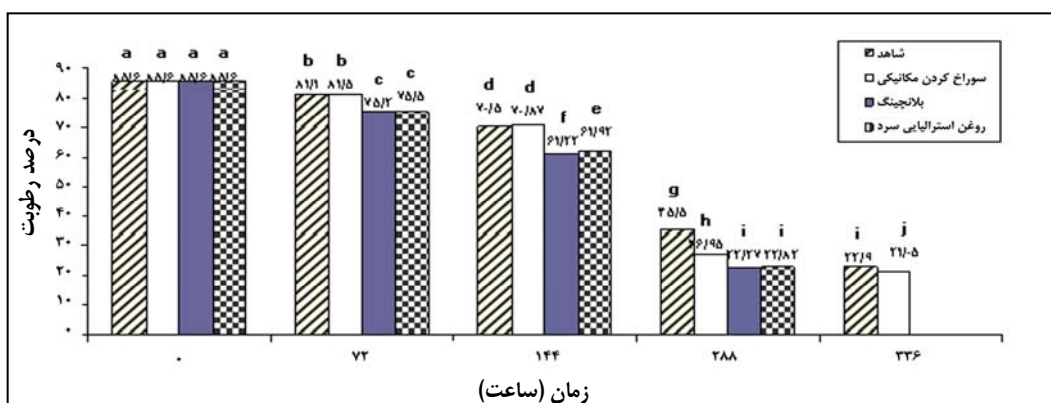
میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۵- اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک شدن بر مواد جامد انحلال پذیر میوه

مکانیکی نسبت به شاهد کاهش معنی داری پیدا می کند. در حالی که بین درصد رطوبت میوه در دو روش بلانچینگ و روغن استرالیایی سرد اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. نتایج مشاهده شده از اعمال تیمارهای روغن استرالیایی سرد و بلانچینگ با نتایجی که السباعی و همکاران (El-Sebaei et al., 2002) به دست آورده اند مطابقت دارد. با اجرای آزمون به هم چسبی دو میوه از هر تیمار مشخص شد که در دو تیمار بلانچینگ و روغن استرالیایی سرد، نیازی به ادامه خشک شدن نیست اما خشک کردن میوه در دو تیمار دیگر ادامه یافت.

شکل ۶، اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک شدن را بر درصد رطوبت میوه نشان می دهد. طبق این نتایج پس از گذشت ۷۲ ساعت از زمان خشک شدن، درصد رطوبت میوه در دو روش بلانچینگ و استفاده از روغن استرالیایی سرد کمتر از تیمار شاهد و سوراخ کردن مکانیکی است که نشان دهنده سرعت خشک شدن بیشتر در دو روش اول است. با ادامه فرایند خشک شدن تا ۱۴۴ ساعت، این روند ادامه یافته و خروج رطوبت از میوه در روش بلانچینگ از روش روغن استرالیایی سرد به صورت معنی دار پیشی دارد. با گذشت ۲۸۸ ساعت، درصد رطوبت میوه در روش سوراخ کردن



شکل ۶- اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک شدن بر درصد رطوبت میوه

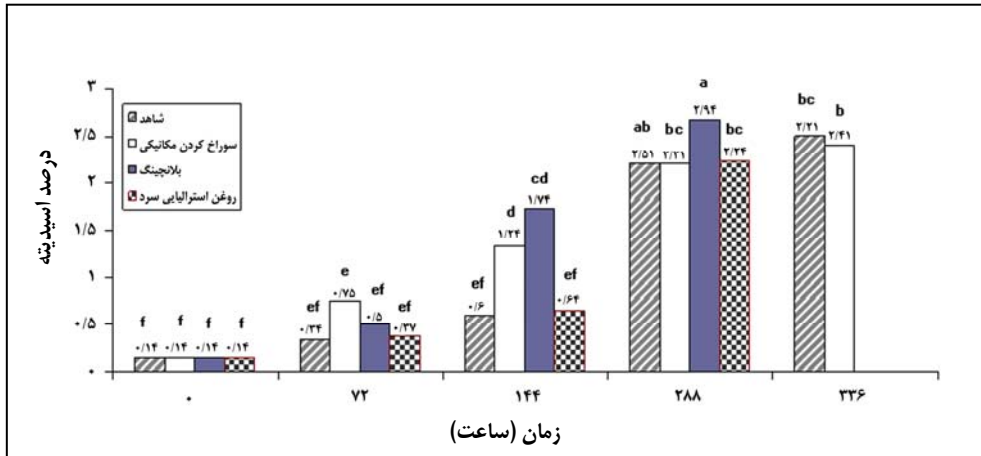
(میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند)

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

کلی اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی میوه نشان می‌دهد که روش‌های بلانچینگ و روغن استرالیایی سرد میوه را در زمان کمتری به رطوبت مطلوب (حدود ۲۰ درصد) می‌رساند. این نتایج با نتایج باربانتی و همکاران (Barbanti *et al.*, 1994 & 1995) مطابقت دارد. اما مشاهدات عینی نشان داد که به دلیل خروج پالپ میوه در روش بلانچینگ، استفاده از این روش مطلوب نیست. به این ترتیب استفاده از روغن استرالیایی سرد برای خشک‌شدن آلوچه در خشک‌کن آفتابی مناسب‌تر از روش‌های دیگر روش تشخیص داده شد.

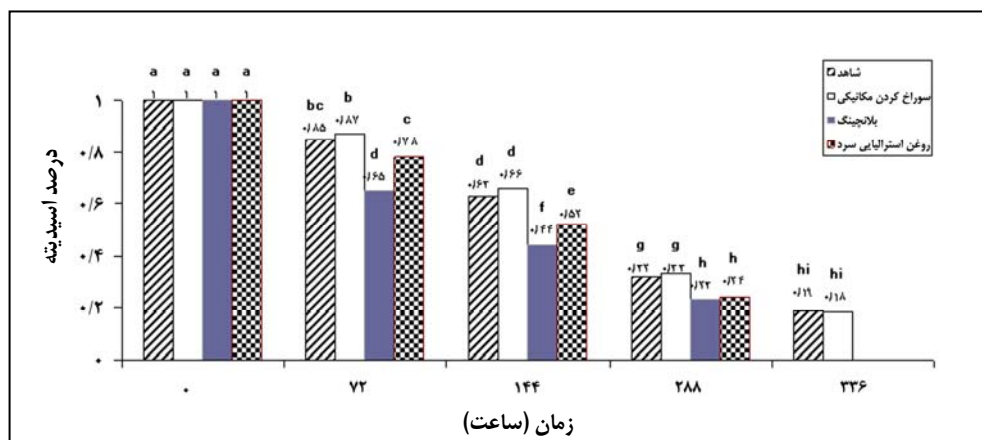
شکل ۷، اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر درصد اسیدیت میوه را نشان می‌دهد. بر این اساس تا ۷۲ ساعت، بین روش‌های تسریع در خشک‌شدن، اختلاف معنی‌داری در درصد اسیدیت مشاهده نمی‌شود. پس از ۱۴۴ ساعت، درصد اسیدیت در دو روش سوراخ کردن مکانیکی و بلانچینگ به صورت معنی‌دار بیشتر از دو روش دیگر است. با ادامه خشک‌شدن تفاوت چندانی در درصد اسیدیت مشاهده نمی‌شود.

شکل ۸، اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک‌شدن را بر تغییر وزن میوه نشان می‌دهد. روند تغییر وزن تقریباً مشابه تغییر درصد رطوبت طی خشک‌شدن است. بررسی



شکل ۷- اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک‌شدن بر درصد اسیدیت میوه

(میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

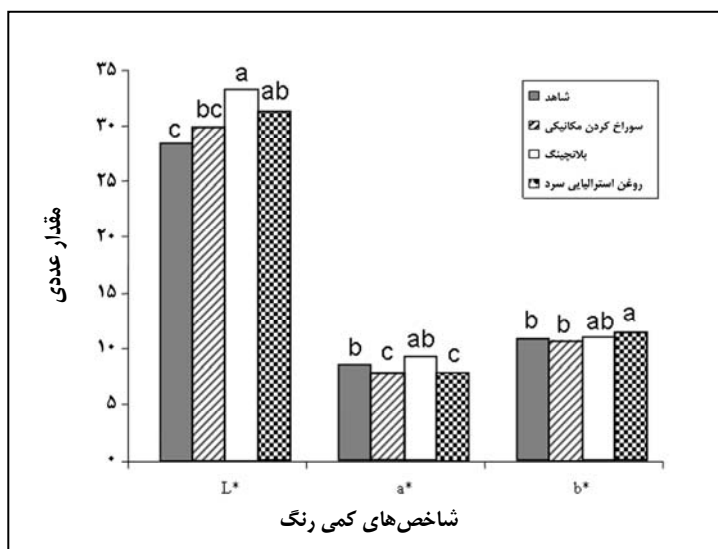


شکل ۸- اثر متقابل زمان و روش تسریع در خشک شدن بر تغییر وزن میوه

(میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

نتایج ارزیابی حسی (جدول ۳) نشان می‌دهد که بین تیمارهای اعمال شده برای محصول خشک شده در خشک کن آفتابی، از نظر رنگ و ظاهر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود ندارد اما از نظر طعم و مقبولیت کلی داوران به روش روغن استرالیایی سرد بهترین امتیاز را دادند.

شکل ۹، مقایسه میانگین‌های شاخص‌های کمی رنگ میوه را در پایان خشک شدن نشان می‌دهد. بر این اساس محصول تهیه شده از تیمار شاهد و سوراخ کردن مکانیکی بیشترین تیرگی و بلانچینگ بیشترین قرمزی را دارد. درحالی‌که زردی محصول تهیه شده از تیمار روغن استرالیایی به‌طور معنی‌دار بیشتر از بقیه تیمارها است.



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های شاخص‌های کمی رنگ میوه در پایان خشک شدن

(میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

نتایج ارزیابی حسی پس از دو ماه و پس از یک سال (جدول ۴) نشان می‌دهد که پس از دو ماه از نظر رنگ، روش سوراخ کردن مکانیکی بیشترین امتیاز را کسب کرده است اما از نظر ظاهر اختلاف معنی‌دار بین این دو روش مشاهده نمی‌شود. پس از یک سال، از نظر رنگ و ظاهر میوه خشک‌شده، اختلاف معنی‌دار بین تیمارها دیده نشد.

جدول ۳- نتایج امتیاز ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف خشک‌کردن آلوچه در خشک‌کن آفتابی

تیمار				
آزمون‌های حسی	روغن استرالیایی سرد	بلانچینگ	سوراخ کردن مکانیکی	شاهد
رنگ	۲۱b*	۱۶b	۱۴b	۲۰b
طعم	۱۲a*	۲۰b	۲۰b	۱۸b
ظاهر	۱۶b	۲۰b	۱۷b	۲۰b
مقبولیت کلی	۱۲a	۲۱b	۱۸b	۲۱b

a=کیفیت خوب (اعداد کمتر از ۱۳)، b=کیفیت متوسط (اعداد بین ۱۳ تا ۳۰)، و c=کیفیت بد (اعداد بیشتر از ۳۰)

جدول ۴- نتایج امتیاز ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف خشک‌کردن آلوچه پس از دو ماه و پس از یک سال انبارمانی

تیمار				
آزمون‌های حسی	روغن استرالیایی سرد	بلانچینگ	سوراخ کردن مکانیکی	شاهد
رنگ (پس از دو ماه)	۲۱b*	۱۶b	۱۴b	۲۶b
رنگ (پس از یک سال)	۲۸b	۲۱b	۱۷b	۲۸b
ظاهر (پس از دو ماه)	۲۶b	۲۰b	۱۸b	۲۷b
ظاهر (پس از یک سال)	۲۸b	۲۲b	۱۸b	۲۶b

a=کیفیت خوب (اعداد کمتر از ۱۵)، b=کیفیت متوسط (اعداد بین ۱۵ تا ۳۰)، و c=کیفیت بد (اعداد بیشتر از ۳۰)

## نتیجه‌گیری

شاهد از نظر تغییرات وزن، مواد جامد انحلال‌پذیر، و درصد اسیددیده طی خشک‌شدن تقریباً روندی مشابه دارند و تیمار روغن استرالیایی سرد سرعت بیشتری به خشک‌شدن میوه می‌دهد. در تیمار بلانچینگ، پوست میوه بیش از حد آسیب می‌بیند که به خروج پالپ از آن و نامطلوب شدن کیفیت میوه می‌انجامد. ارزیابی حسی نشان داد که مقبولیت کلی میوه خشک شده در تیمار روغن استرالیایی سرد بیشتر است.

در این تحقیق، روش‌های تسریع در خشک‌شدن آلوچه با استفاده از خشک‌کن آفتابی موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان ارزیابی شد. اندازه‌گیری دما در قسمت‌های مختلف خشک‌کن نشان داد که حداکثر دمای هوای ورودی و خروجی و داخل میوه به ترتیب ۷۰، ۶۰، و ۵۱ درجه سانتی‌گراد است. بررسی‌ها نشان داد که تیمار سوراخ کردن مکانیکی و

## قدردانی

از همکاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به‌خصوص آقای شاهین که در اجرای این تحقیق ما را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

- Anon. 1991. Fruit Juice Test Methods. Iranian Institute of Industrial Research and Standards. (in Farsi)
- Anon. 2001. Agricultural Statistics of Esfahan Province. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (in Farsi)
- Augustus Leon, M., Kumar, S. and Bhattacharya, S. C. 2002. A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 6, 367-393.
- Bala, B. K., Mandol, M. R. A., Biswas, B. K., DasChowdury, B. L. and Ganjai, S. 2003. Solar drying of pineapple using solar tunnel drier. *Renewable Energy*. 28, 183-190.
- Barbanti, D. Mastrocola, D. and Severin, C. 1994. Air drying plums. A comparison between twelve cultivars. *Science des Aliments*. 14(1): 61-73.
- Barbanti, D., Mastrocola, D. and Pizzarani, S. 1995. Air drying plums. Influence of some process parameters on the specific drying kinetics. *Science des Aliments*. 15(1): 19-29.
- Bennamoun, L. and Belhamri, A. 2003. Design and simulation of a solar dryer for agriculture products. *J. Food Eng.* 59, 259-266.
- deMan, J. M. 1990. Principle of Food Chemistry. Avi Pub.
- Di Mateo, M. L., Cinquanta, G. and Cresctelli, S. 2002. Physical pretreatment of plums (*Pruno domestica*). Part 1. Modeling of the kinetic of drying. *Food Chem.* 79(2): 227-232.
- Eissen, V. K. 1986. Design and performance of a dryer suitable for rural applications. *Energy Conservation and Management*. 26(1): 111-119.
- El-Sebaii, A. A., Aboul-Einein, S., Ramadan, M. R. I. and EL-Gohary, H. G. 2002. Experimental investigation of an indirect type of natural convection solar dryer. *Energy Conservation and Management*. 43, 2251-2266.
- Kramer, A. and Twigg, B. A. 1966. Quality Control for the Food Industry. AVI Pub. Westport. Conn. USA.
- Lahsani, S., Kouhila, M., Mahrouz, M. and Jaouhari, J. T. 2004. Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). *J. Food Eng.* 61, 173-179.
- Madhopa, A. S., Jones, A. and Kalenga Saka, J. D. 2002. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. *Renewable Energy*. 27, 27-37.
- Maleki, M. and Dokhani, Sh. 1991. Food Technology. Shiraz University Press. Shiraz. Iran. (in Farsi)

تأثیر روش‌های تسریع در خشک‌شدن بر شاخص‌های کیفی آلوچه...

**Singh, S., Singh, P. P. and Dhaliwal, S. S. 2004. Multi-Shelf portable solar dryer. Renewable Energy. 29, 753-765.**

**Weitz, D. A., Lara, M. A. Piancentini, R. D. and Feldman, S. 1989. Dipping treatment effects on simulated prune solar drying. Can. Inst. Food Sci. and Technol. J. 22(2): 133-136.**



## **Effect of Accelerating Drying on Prune Quality Characteristics in a Solar Dryer**

**S. Malek\*, M. Heidari Soltanabadi, M. Khanahmadi,  
H. R. Ghazvini, A. Mirmajidi, M. Shahedi and A. Kermani**

\* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 81785-199, Esfahan, Iran. E-mail: saidmalek@yahoo.com

This study evaluated the use of the solar dryer at Esfahan Agricultural Research Center for drying prunes. A factorial experiment was carried using a randomized complete block design with four replications. The four methods used to accelerate prune drying were: control group (no treatment), mechanical perforation at one week of drying, blanching, submersion in Australian cold dip method. The drying rate of the prunes was measured at: beginning of drying time (time zero), after 72 h, after 144 h, after 288 h, after 336 h. Weight variation, acidity percentage, humidity percentage and TSS of fruit were measured at each time interval. Measurement of color loss, as well as subjective evaluations of color, taste, appearance and overall acceptability of the dried prunes was carried out at the end of drying process. The dried fruit was then stored for two months and one year and were subjected to color and subjective appearance evaluations. Temperature measurement of the drying chamber indicated that the maximum temperature of the inlet air was 70°C, outlet air was 60°C and in the fruit was 51°C. The control and mechanical perforation pretreatments produced similar drying rates, while the Australian cold dip method pretreatment augmented it. The blanching pretreatment produced an inferior quality of fruit. The average comparison of quantitative color indices ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) showed that dried fruit produced by the control and mechanical perforation were darkest, blanching produced the most redness and Australian cold dip method pretreatments produced the greatest yellowness. Judges preferred dried prunes subjected to Australian cold dip method for their taste and general acceptability. Also they gave the highest rating to the color of dried prunes subjected to mechanical perforation pretreatment and stored for two months.

**Key Words:** Color, Drying Rate, Prune, Sensorial Characteristics, Storage, Sun Dryer