



بررسی اثر پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و دانه بالنگو بر زمان خشک شدن برش‌های زردآلو در سامانه فروسرخ

مریم ساترابی^۱، فخرالدین صالحی^{۲*}، مجید رسولی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ‌های مقاله: تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۰	<p>پوشش‌دهی میوه‌ها با استفاده از صمغ‌های خوراکی باعث افزایش کیفیت ظاهری، بهبود رنگ و کاهش چروکیدگی آنها در انتهای فرآیند خشک‌کردن می‌گردد. در این پژوهش صمغ‌های گزانتان و بالنگو جهت پوشش‌دهی برش‌های زردآلو هنگام خشک‌کردن در سامانه فروسرخ استفاده گردید و سینتیک خشک شدن نمونه‌ها مدل‌سازی گردید. در این مطالعه زردآلوه‌ها به سه گروه شاهد (بدون پوشش)، پوشش داده شده با صمغ گزانتان و پوشش داده شده با صمغ دانه بالنگو تقسیم شدند و سپس اثر توان لامپ فروسرخ (۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۷۵ وات) و فاصله نمونه از لامپ (۵، ۷/۵ و ۱۰ سانتی‌متر) بر زمان خشک شدن نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. غلظت صمغ استفاده شده ۰/۶ درصد (وزنی/وزنی) و ضخامت برش‌های زردآلو ۰/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج خشک‌کردن نمونه‌های زردآلوه‌ها با روش فروسرخ نشان داد با افزایش توان لامپ و کاهش فاصله نمونه‌ها از منبع حرارتی، زمان خشک‌کردن کاهش می‌یابد. پیش تیمار پوشش‌دهی باعث افزایش زمان خشک‌کردن زردآلوه‌ها شد و زمان خشک شدن نمونه‌های پوشش داده شده با صمغ دانه بالنگو طولانی‌تر بود. میانگین زمان خشک شدن نمونه‌های شاهد، پوشش داده شده با صمغ گزانتان و بالنگو به ترتیب برابر ۷۳/۱۱ دقیقه، ۸۱/۰۴ دقیقه و ۸۳/۷۴ دقیقه محاسبه گردید. این فرآیند توسط یک شبکه عصبی مصنوعی با ۳ ورودی (نوع پوشش، توان لامپ پرودهی و فاصله لامپ) و ۱ خروجی (زمان خشک شدن) مدل‌سازی شد. نتایج مدل‌سازی به روش شبکه عصبی مصنوعی نشان داد شبکه‌ای با تعداد ۷ نرون در یک لایه پنهان و با استفاده از تابع فعال‌سازی سیگموئیدی می‌تواند زمان خشک شدن زردآلو پوشش داده شده را با استفاده از خشک‌کن فروسرخ را پیشگویی نماید ($r^2=0/974$).</p>
کلمات کلیدی: پرتودهی، پوشش‌دهی، زمان خشک شدن، شبکه عصبی مصنوعی.	
DOI: 10.52547/fsct.18.02.23	
*مسئول مکاتبات: F.Salehi@Basu.ac.ir	

۱- مقدمه

زردآلو با نام علمی *Prunus armeniaca* از خانواده رزاسه^۱ یکی از خوشمزه‌ترین میوه‌ها در مناطق معتدله می‌باشد. میوه آن تقریباً کروی و گوشتی و بعضی از انواع آن تقریباً بیضی شکل و یا نوک دراز بوده و به واسطه شیاری به دو قسمت مساوی (قرینه) تقسیم می‌شود. ایران پس از ترکیه مهم‌ترین تولیدکننده زردآلو در جهان می‌باشد. میوه تازه و برگه زردآلو ارزش تغذیه‌ای بالایی دارند و سرشار از آهن و ویتامین‌های A، B و C می‌باشد [۱-۳].

یکی از روش‌های خشک‌کردن مواد غذایی، استفاده از تابش فروسرخ است که باعث افزایش سرعت خشک‌کردن، حفظ کیفیت محصول نهایی و کاهش هزینه‌های فرآیند به دلیل کاهش مصرف انرژی می‌شود. جذب اشعه فروسرخ توسط مولکول‌های محصول سبب گرم شدن سریع آنها و همچنین سبب کاهش تنش‌های حرارتی در محصول و در نتیجه، حفظ کیفیت و افزایش راندمان فرآیند می‌شود [۴]. در پژوهشی تأثیر توان لامپ پرتودهی، دمای هوای داغ و ضخامت نمونه‌ها بر زمان و سینتیک خشک شدن در طی خشک شدن کدوخلوایی در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط Hosseini Ghaboos (۲۰۱۶) بررسی شده و توان ۲۷۲ وات، دمای ۷۵ درجه سلسیوس و ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر به‌عنوان بهترین شرایط خشک‌کردن کدوخلوایی گزارش شده است [۵].

استفاده از پیش تیمار پوشش‌دهی قبل از فرآیند خشک‌کردن می‌تواند با حفظ کیفیت ظاهری، رنگ و حجم نمونه، عملکرد فرآیند خشک‌کردن را بهبود بخشد. پوشش‌های خوراکی با ایجاد مانع فیزیکی نیمه‌تراوا بر روی سطح میوه، موجب کاهش نفوذپذیری به اکسیژن، دی‌اکسید کربن، بخار آب، کاهش انتقال رطوبت و املاح شده، همچنین اتمسفر اصلاح‌شده‌ای تولید می‌کند که موجب کاهش سرعت تنفس و کاهش سرعت واکنش اکسیداسیون می‌شود؛ در نتیجه در به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب در طی انبارمانی نقش دارد. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند از اکسیداسیون و تغییرات رنگی در شرایط نامناسب جلوگیری کنند. همچنین از کاهش حجم و به دنبال آن افزایش چگالی ظاهری جلوگیری کرده و

باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی طی مدت زمان نگهداری شوند [۶-۱۱].

مدل‌سازی فرایندهای خشک‌کردن برای طراحی، بهبود سیستم‌های موجود و حتی کنترل فرآیند انجام می‌شود [۱۲]. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)^۲ به‌عنوان روشی نوین جهت مدل‌سازی و بررسی سینتیک فرایندهای مختلف اعمال شده بر مواد غذایی بررسی و استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی و پیچیده با تعداد زیادی داده ورودی و خروجی می‌باشند. توانایی پیشگویی یک شبکه عصبی به ساختار آن وابستگی کامل دارد (نوع تابع فعال‌سازی، تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های لایه پنهان). تخمین تعداد نرون‌های لایه پنهان شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌وسیله آزمون و خطا انجام می‌شود [۱۳، ۱۴]. برای مثال Salehi و همکاران (۲۰۱۵) به‌منظور پیشگویی کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد، در طی خشک‌کردن اسمزی زردآلو، از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد که بهترین مدل برای پیشگویی پارامترهای فوق دارای ۱ لایه پنهان و ۱۴ نرون در هر لایه می‌باشد [۱].

پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعداد مطالعات محدودی در خصوص کاربرد مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی فرآیندهای خشک‌کردن مواد غذایی توسط امواج فروسرخ گزارش شده است. لذا هدف این تحقیق بررسی اثر عوامل مختلف (نوع پوشش، توان لامپ پرتودهی و فاصله لامپ) بر خشک‌کردن زردآلو پوشش داده شده با صمغ‌های گزانتان و بالنگو به روش فروسرخ و مدل‌سازی زمان خشک شدن نمونه‌ها با استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- فرآیند خشک‌کردن

در این پژوهش دانه بالنگو از استان همدان تهیه و ناخالصی آنها کاملاً جداسازی گردید. جهت استخراج موسیلاژ، ابتدا دانه‌های بالنگو به مدت ۲۰ دقیقه درون آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و نسبت آب به دانه برابر ۲۰ به ۱ قرار گرفتند.

2. Artificial Neural Network (ANN)

1. Rosaceae

۲-۲- مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی

مدل سازی فرآیند خشک کردن زردآلو پوشش داده شده به روش فروسرخ جهت پیشگویی زمان خشک شدن به روش شبکه عصبی مصنوعی، توسط شبکه های عصبی سه لایه پرسپترون پیشخور انجام پذیرفت (شکل ۱). در این روش خروجی نرون های لایه پنهان و خروجی (y) از طریق افزایش بایاس^۵ به مجموع ورودی های وزن دار شده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می شود [۱۵].

$$Y_j = \sum_{i=1}^p f(W_{ij}X_i + b_j) \quad (2)$$

در معادله فوق W_{ij} ضریب وزنی نرون شماره i که به نرون شماره j متصل است، می باشد. p تعداد ورودی های هر نرون و b_j بردار بایاس نرون j است.

در این مطالعه سه ورودی (نوع پوشش، توان لامپ پرتو دهی و فاصله لامپ) و یک خروجی (زمان خشک شدن) در نظر گرفته شد. تعداد نرون های لایه پنهان، وابستگی کامل به نوع کاربرد و شرایط تعیین پارامترهای شبکه دارد و در این مطالعه تعداد نرون لایه پنهان بین ۱ تا ۲۵ در نظر گرفته شد. از نرم افزار نروسولوشن^۶ (نسخه ۶) جهت مدل سازی استفاده شد. در این نرم افزار با تغییر نوع تابع فعال سازی (خطی، سیگموئیدی^۷ (رابطه ۳) و تانژانت هیپربولیک^۸ (رابطه ۴))؛ تعداد نرون لایه پنهان (۲۵-۱)، تعداد داده های استفاده شده جهت یادگیری، آزمون و ارزیابی و قاعده یادگیری لیونبرگ-مارکت^۹، بهترین ساختار^{۱۰} شبکه جهت دستیابی به شبکه بهینه بررسی شد. به منظور ارزیابی شبکه عصبی استفاده شده پیشگویی پارامترهای مورد بررسی، از شاخص ضریب همبستگی^{۱۱} استفاده گردید.

سپس جهت جدا کردن صمغ خارج شده از دانه ها، از دستگاه آبمیوه گیری^۱ استفاده شد. غلظت موسیلاژ استخراج شده ۰/۶ درصد وزنی/وزنی بود و جهت پوشش دهی نمونه ها استفاده گردید. از محلول صمغ تجاری گزانتان (چین) با غلظت ۰/۶ درصد هم به عنوان پوشش زردآلوهای برش خورده استفاده گردید.

برای انجام آزمایش ها، زردآلو از استان کرمانشاه تهیه گردید. برای انجام فرآیند خشک کردن ابتدا زردآلوها به قطعاتی با ضخامت ۰/۵ سانتی متر برش داده شدند. نمونه ها به سه گروه شاهد (بدون پوشش) و پوشش داده شده توسط صمغ های گزانتان و بالنگو تقسیم شدند. برای پوشش دهی با صمغ های گزانتان و بالنگو نمونه های برش خورده زردآلو به مدت ۶۰ ثانیه درون محلول تهیه شده از صمغ ها با غلظت ۰/۶ درصد وزنی/وزنی قرار گرفتند. ورقه های شاهد و پوشش داده شده زردآلو بلافاصله پس از برش جهت پرتو دهی توسط خشک کن فروسرخ مورد استفاده قرار گرفتند.

جهت خشک کردن برش های زردآلو شاهد و پوشش داده شده با صمغ های گزانتان و بالنگو با خشک کن فروسرخ از متغیرهایی شامل توان های لامپ فروسرخ^۲ در سه سطح ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۷۵ وات و فاصله لامپ از نمونه در سه سطح ۵، ۷/۵ و ۱۰ سانتی متر استفاده شد. تغییرات وزن نمونه ها در طی خشک شدن هر یک دقیقه توسط ترازوی دیجیتالی^۳ با دقت ۰/۰۱ ± گرم که در خشک کن تعبیه شده بود، ثبت گردید. میزان کاهش وزن (WR)، از طریق معادله زیر محاسبه گردید.

$$WR = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

WR: درصد کاهش وزن زردآلو

M_0 : جرم اولیه نمونه (gr)

M_t : جرم نمونه (gr) بعد از خشک شدن بعد از زمان t

تجزیه و تحلیل آماری در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. کلیه آزمایش ها در سه تکرار انجام گرفت. مقایسه میانگین در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد.

5. Bias

6. Neurosolution software (Excel software release 6.0), NeuroDimension, Inc., USA

7. Sigmoid functions

8. Hyperbolic tangent function

9. Levenberg-Marquardt (LM)

10. Topology

11. Correlation coefficient (r)

1. Bellanzo BFP-1540 Juicer, China

2. Infrared Heat Lamp (NIR), Noor Lamp Company, Iran.

3. Digital balance, LutronGM-300p (Taiwan)

4. Weight Reduction

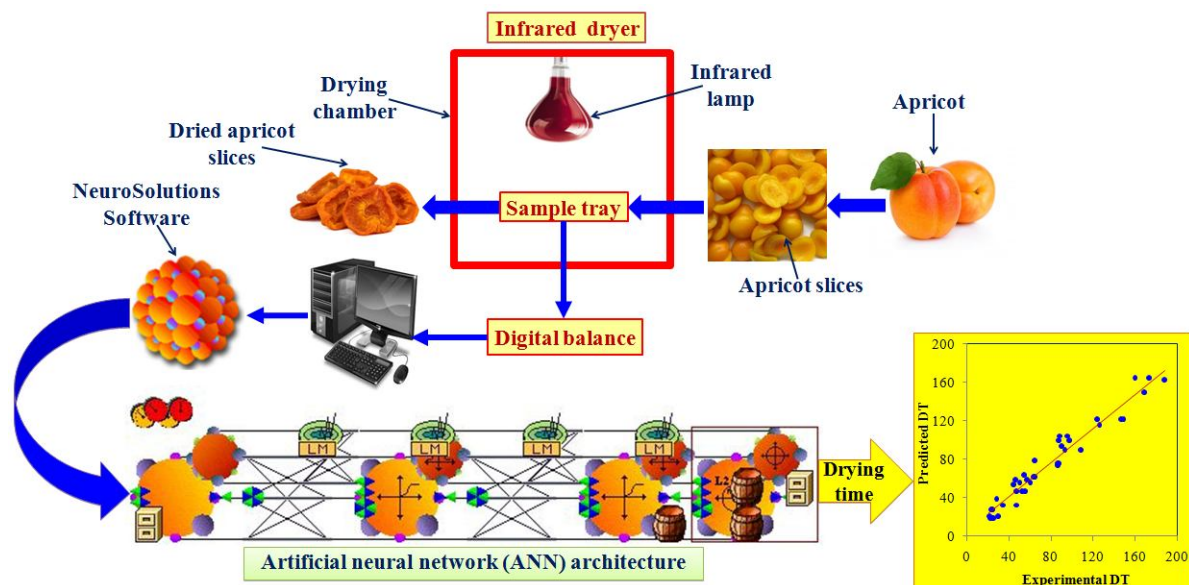


Fig 1 Schematic of drying process modeling of apricot using artificial neural network

زمان خشک کردن نمونه پوشش داده شده با صمغ دانه بالنگو نسبت به سایر نمونه‌ها طولانی‌تر می‌باشد. میانگین زمان خشک شدن نمونه‌های شاهد، پوشش داده شده با صمغ گزانتان و بالنگو به ترتیب برابر ۷۳/۱۱ دقیقه، ۸۱/۰۴ دقیقه و ۸۳/۷۴ دقیقه محاسبه گردید. با افزایش دمای هوای خشک‌کن با افزایش توان لامپ پرتودهی و کاهش فاصله آن، آنتالپی هوا افزایش یافته و با افزایش آنتالپی میزان انتقال جرم و حرارت افزایش می‌یابد که باعث کاهش زمان خشک شدن می‌شود [۱۶، ۱۷]. جهت بررسی اثر توان لامپ فروسرخ بر زمان خشک شدن برش‌های زردآلو شاهد و پوشش داده شده، از سه لامپ فروسرخ با توان‌های ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۷۵ وات استفاده گردید. نتایج نشان داد که تغییر توان لامپ اثر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر خروج آب زردآلوه‌ها دارد و با افزایش توان لامپ، زمان خشک شدن کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، به‌طور میانگین با افزایش توان لامپ از ۱۵۰ به ۳۷۵ وات، زمان خشک شدن ۷۲/۲۴ درصد کاهش یافته است.

پرتودهی با فروسرخ در مقایسه با روش‌های حرارت دهی متداول دارای مزایای متعددی بوده و کیفیت محصول خشک‌شده در آن بالاتر است. در این روش زمان فرایند کوتاه‌تر و میزان مصرف انرژی کمتر می‌باشد. Doymaz (۲۰۱۱) در پژوهشی اثر تابش فروسرخ بر سینتیک خشک شدن و قابلیت جذب آب مجدد برش‌های سیب‌زمینی شیرین

$$Sig = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (۳)$$

$$Tanh = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (۴)$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خشک کردن

در شکل ۲ اثر پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و بالنگو بر زمان خشک شدن برش‌های زردآلو درون خشک‌کن فروسرخ به نمایش در آمده است.

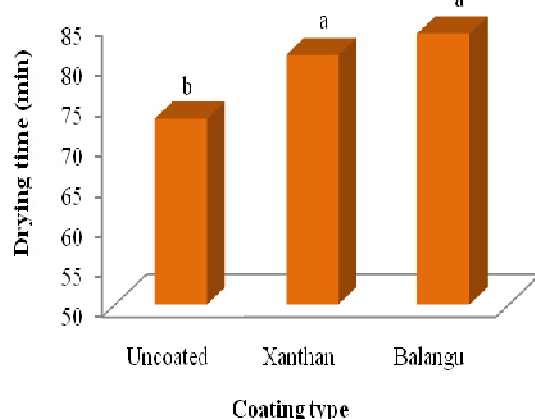


Fig 2 Effect of the coating type on IR drying time of apricot slices.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و بالنگو باعث افزایش زمان خشک شدن نمونه‌ها شده است و

با افزایش فاصله لامپ‌ها از ۵ به ۱۰ سانتی‌متر، به‌طور میانگین زمان خشک شدن برش‌های زردآلو از ۵۶/۰۷ دقیقه به ۱۰۱/۷۸ دقیقه افزایش یافت.

۳-۲- نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

به‌منظور پیشگویی زمان خشک شدن برش‌های زردآلو شاهد و پوشش داده شده با صمغ‌های گزانتان و دانه بالنگو درون سامانه فروسرخ از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. نوع پوشش، توان لامپ و فاصله نمونه از لامپ به‌عنوان ورودی‌های شبکه در نظر گرفته شدند و زمان خشک شدن به‌عنوان خروجی شبکه انتخاب گردید. با توجه به مقدار خطای کمتری که با استفاده تابع فعال‌سازی سیگموئیدی در مقایسه با سایر توابع به دست آمد، این نوع تابع به‌عنوان تابع فعال‌سازی در لایه پنهان و خروجی استفاده شد.

بر اساس روش آزمون‌وخطا مشخص شد در صورتی که ۳۰ درصد داده‌ها برای آموزش استفاده گردد، شبکه به‌خوبی قادر به یادگیری روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشد (جدول ۱). ۲۰ درصد داده‌ها هم برای آزمون شبکه آموزش‌دیده استفاده گردید. به‌منظور ارزیابی شبکه هم از باقی‌مانده داده‌ها (۵۰ درصد) استفاده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی دارای ۷ نرون در لایه پنهان می‌تواند به‌خوبی زمان خشک شدن در طی فرآیند خشک‌کردن زردآلو شاهد و پوشش داده شده با صمغ‌های گزانتان و بالنگو به روش فروسرخ را پیشگویی نماید ($R^2=0/974$) (جدول ۲).

Salehi و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی مدل‌سازی فرآیند خشک‌کردن اسمزی زردآلو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. ساختارهای مختلف شبکه عصبی چند لایه پرسپترون برای پیشگویی انتقال جرم زردآلو آبیگری شده را مورد آزمون قرار دادند و نتایج گزارش شده نشان داد شبکه‌ای با تعداد ۱۴ نرون در یک لایه پنهان به‌خوبی درصد کاهش وزن ($R^2=0/98$)، درصد کاهش آب ($R^2=0/97$) و مقدار جذب مواد جامد ($R^2=0/96$) در طی فرآیند خشک‌کردن اسمزی زردآلو را پیشگویی نماید. این مدل می‌تواند به‌منظور تولید محصولی با کیفیت مطلوب، طراحی مناسب تجهیزات فرآوری و بهینه‌سازی فرآیند مورد استفاده قرار گیرد [۱].

را مورد بررسی قرار داد. در این بررسی از چهار سطح توان تابشی ۱۰۴، ۱۲۵، ۱۴۶ و ۱۶۷ وات و سه ضخامت ورقه ۳، ۵ و ۸ میلی‌متر استفاده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تابش اشعه فروسرخ، زمان خشک شدن کاهش می‌یابد [۱۸]. Hebbar و همکاران (۲۰۰۴) از یک خشک‌کن ترکیبی فروسرخ با هوای داغ در سه حالت ترکیبی، فروسرخ به‌تنهایی و هوای داغ به‌تنهایی برای خشک‌کردن سیب‌زمینی و هویج استفاده کردند. نتایج به دست آمده حاکی از کاهش زمان خشک شدن و کاهش انرژی مصرفی در خشک‌کن ترکیبی نسبت به فروسرخ و هوای داغ بود [۱۹].

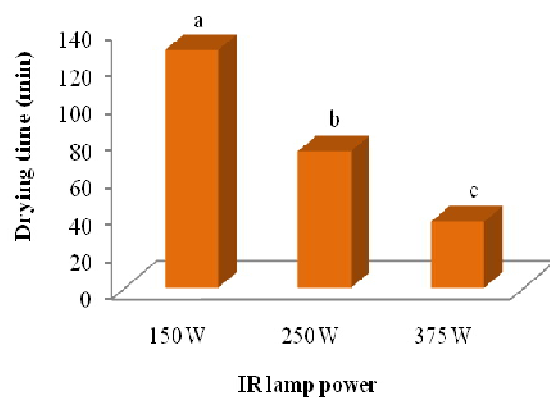


Fig 3 Effect of IR lamp power on drying time of apricot slices.

نتایج حکایت از معنی‌دار بودن ($P<0/05$) اثر تغییر فاصله لامپ از نمونه‌ها، بر زمان خشک شدن برش‌های زردآلو شاهد و پوشش داده شده داشت و با افزایش فاصله لامپ، زمان خشک شدن افزایش یافت (شکل ۴).

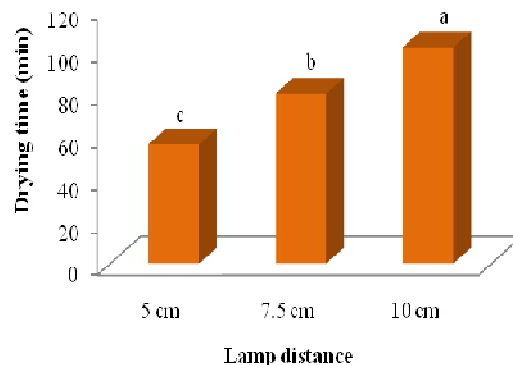


Fig 4 Effect of sample distance from IR lamp on drying time of apricot slices.

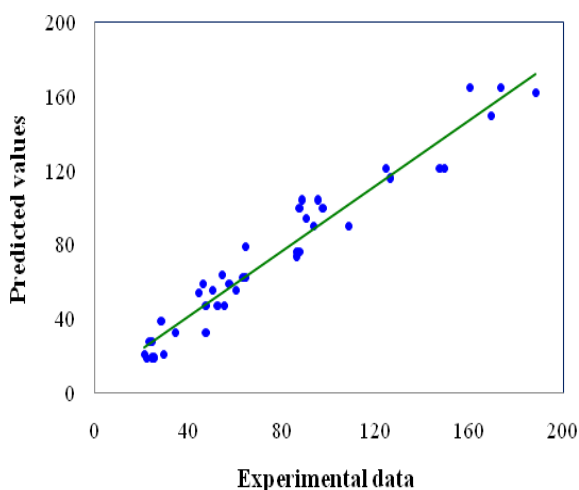
Table 1 Optimal values of artificial neural network parameters

Testing data %	Validating data %	Training data %	The number of hidden layer neurons	Type of activation function	Learning rule	Number of hidden layers
50%	20%	30%	7	Sigmoid	Levenberg–Marquardt	1

Table 2 The error values in prediction of testing data by optimal artificial neural network with 7 neurons in hidden layer

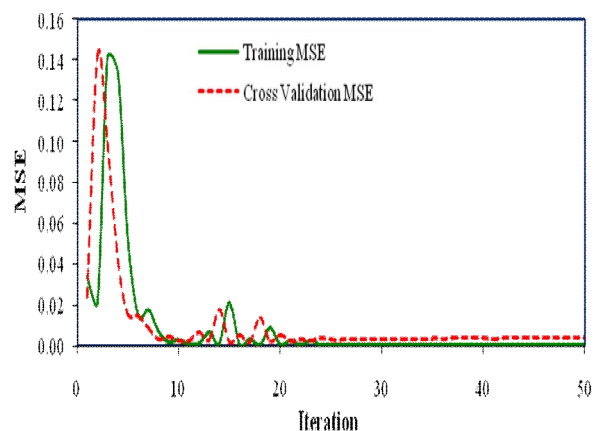
Weight loss (%)	Error
220.957	Mean squared error
0.107	Normalized Mean squared error
8.287	Mean absolute error
0.974	Correlation coefficient (r)

عصبی مصنوعی توسط Rasouli (۲۰۱۸) بررسی و برای این منظور شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه تحت عنوان پس انتشار پیشرو به کار گرفته شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار رطوبت سیر را می‌توان با استفاده از شبکه عصبی، با میانگین خطای متوسط کمتر و ضریب تبیین بیشتر نسبت به مدل ریاضی ویبل پیش‌بینی کرد [۲۱].

**Fig 6** Experimental drying time data versus predicted values for dried apricot slices during drying by IR system

هدف از فرآیند آموزش شبکه عصبی مصنوعی به دست آوردن بردارهای وزن و بایاس شبکه عصبی بهینه است. در جدول ۳، مقادیر وزن‌ها و بایاس‌های متناظر با هر نرون برای شبکه عصبی دارای ۷ نرون در لایه پنهان آورده شده است.

مقدار میانگین مربعات خطا^۱ در برابر تعداد نسل‌های تشکیل شده، در شکل ۵ به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در همان نسل‌های اول مقدار خطا کاهش می‌یابد و بعد از تشکیل حدود ۲۵ نسل، مقدار خطا به مقدار ثابتی می‌رسد. کاهش سریع در نمودار میانگین مربعات خطا در سیکل‌های اولیه آموزش نشان از یادگیری سریع شبکه می‌باشد که این از ویژگی‌های شناخته شده روش بهینه‌سازی لیونبرگ-مارکت می‌باشد [۲۰].

**Fig 5** Mean square error (MSE) values as a function of the learning iterations number during training and validation by ANN

مقادیر واقعی داده‌های ارزیابی (۵۰ درصد داده استفاده نشده توسط شبکه) و پیشگویی شده زمان خشک شدن زردآلو توسط شبکه عصبی بهینه (۳/۷/۱) در شکل ۶ نشان داده شده است. مقدار بالای ضریب همبستگی نشان‌دهنده کارایی بالای شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

مدل‌سازی فرآیند خشک شدن همرفتی سیر به روش شبکه‌های

1. Mean squared error (MSE)

Table 3 The weight and bias values of optimized neural network (3-7-1).

Hidden neurons	Bias	Input neurons			Output neurons
		Coating type	IR power (W)	Distance (cm)	Drying time
1	-3.4293	0.4301	-4.9848	3.8025	4.9623
2	0.3362	0.1188	1.0095	-0.8829	0.1763
3	0.9964	-0.4255	-0.4061	0.1117	1.3974
4	1.0668	-0.6326	1.7258	-1.5107	-2.4786
5	-2.1724	-1.3614	4.7963	-3.2930	-2.5781
6	1.1927	-0.8253	-1.4680	0.5915	1.7311
7	-0.4706	0.0035	-2.4398	2.3442	-2.5311
Bias					0.3595

خشک شدن نمونه‌ها شد و زردآلو پوشش داده شده با صمغ دانه بالنگو دیرتر خشک شد. با افزایش توان لامپ فروسرخ کاهش فاصله نمونه از لامپ، مقدار رطوبت خارج شده از نمونه‌ها افزایش و زمان خشک شدن کاهش یافت. با افزایش فاصله لامپ‌ها از ۵ به ۱۰ سانتی‌متر، میانگین زمان خشک شدن زردآلوها از ۵۶/۰۷ دقیقه به ۱۰۱/۷۸ دقیقه افزایش یافت. مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی جهت پیشگویی زمان خشک شدن به‌عنوان تابعی از نوع پوشش، توان لامپ فروسرخ و فاصله برش‌های زردآلو از لامپ (ورودی‌های شبکه) در طی خشک کردن به روش فروسرخ استفاده گردید. نتایج نشان داد شبکه‌ای دارای ۷ نرون در یک لایه پنهان و با استفاده از تابع فعال‌سازی سیگموئیدی در لایه پنهان و خروجی، و با استفاده از روش بهینه‌سازی لیونبرگ-مارکوت، به‌خوبی قادر به پیشگویی زمان خشک شدن با ضریب همبستگی بالا (۰/۹۷۴) می‌باشد. نتایج آنالیز حساسیت توسط شبکه عصبی بهینه نشان داد که توان لامپ پرتودهی به‌عنوان مؤثرترین عامل در کنترل زمان خشک شدن زردآلو پوشش داده شده می‌باشد.

۵- منابع

- [1] Salehi, F., Abbasi Shahkoh, Z., Godarzi, M. 2015. Apricot osmotic drying modeling using genetic algorithm - artificial neural network, Journal of Innovation in Food Science and Technology. 7, 65-76.
- [2] Hassan-Beygi, S. R. 2009. Some physico-mechanical properties of apricot fruit, pit and kernel of ordubad variety, Agricultural Engineering International: CIGR Journal.
- [3] Salehi, F. 2020. Physicochemical characteristics and rheological behaviour of some fruit juices and their concentrates, Journal of Food Measurement and Characterization. 14, 2472 - 2488.
- [4] Salehi, F. 2020. Recent applications and

به‌منظور بررسی مقدار تأثیرگذاری پارامترهای ورودی و شناسایی تأثیرگذارترین عامل، آزمون آنالیز حساسیت^۱ بر روی شبکه بهینه انجام شد. همان‌طوری که در شکل ۷ مشاهده می‌شود در میان متغیرهای ورودی، به ترتیب توان لامپ فروسرخ، فاصله لامپ از سطح نمونه و درنهایت نوع پوشش استفاده شده به‌عنوان مؤثرترین عوامل در هنگام پیشگویی زمان خشک شدن زردآلو در طی خشک کردن به روش فروسرخ می‌باشند. نتایج آنالیز حساسیت حاکی از این است که با وجود مزایای زیادی که پوشش‌دهی محصولات قبل از خشک کردن آنها دارد، اما پوشش‌دهی مشکلی در روند خشک کردن و زمان خشک کردن نمونه ندارد و عامل تأثیرگذاری در این فرآیند نمی‌باشد.

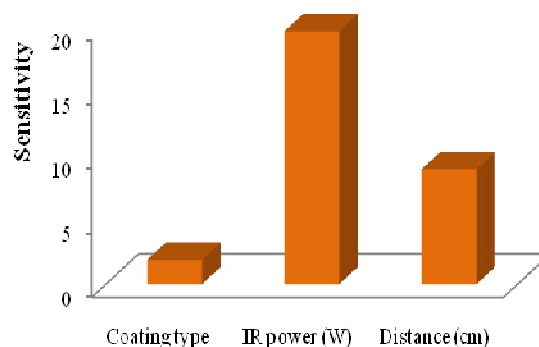


Fig 7 Sensitivity analysis results of apricot slices drying modeling using IR system by optimized neural network (3-7-1).

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر پوشش‌های گزانتان و بالنگو، توان لامپ فروسرخ، و فاصله نمونه از لامپ بر زمان خشک شدن در طی خشک کردن برش‌های زردآلو به روش فروسرخ مورد بررسی قرار گرفت. هر سه متغیر ذکر شده بر مقدار خروج آب و زمان خشک شدن مؤثر بودند. پوشش‌دهی باعث افزایش زمان

- [13] Ramzi, M., Kashaninejad, M., Salehi, F., Sadeghi Mahoonak, A. R., Ali Razavi, S. M. 2015. Modeling of rheological behavior of honey using genetic algorithm-artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system, *Food Bioscience*. 9, 60-67.
- [14] Salehi, F., Razavi, S. M. A. 2016. Modeling of waste brine nanofiltration process using artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system, *Desalination and Water Treatment*. 57, 14369-14378.
- [15] Salehi, F., Razavi, S. M. A. 2012. Dynamic modeling of flux and total hydraulic resistance in nanofiltration treatment of regeneration waste brine using artificial neural networks, *Desalination and Water Treatment*. 41, 95-104.
- [16] Nimmol, C. 2010. Vacuum far-infrared drying of foods and agricultural materials, *The Journal of the King Mongkut's University of Technology North Bangkok*. 20, 37-44.
- [17] Pan, Z., Shih, C., McHugh, T. H., Hirschberg, E. 2008. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying, *LWT-Food Science and Technology*. 41, 1944-1951.
- [18] Doymaz, İ. 2012. Infrared drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) slices, *Journal of Food Science and Technology*. 49, 760-766.
- [19] Hebbar, H. U., Vishwanathan, K., Ramesh, M. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables, *Journal of Food Engineering*. 65, 557-563.
- [20] Bahramparvar, M., Salehi, F., Razavi, S. 2014. Predicting total acceptance of ice cream using artificial neural network, *Journal of Food Processing and Preservation*. 38, 1080-1088.
- [21] Rasouli, M. 2018. Convective drying of garlic (*Allium sativum* L.): Artificial neural networks approach for modeling the drying process, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 14, 53-62.
- potential of infrared dryer systems for drying various agricultural products: A review, *International Journal of Fruit Science*. 20, 586-602.
- [5] Hosseini Ghaboos, S. H. Production of pumpkin powder with vacuum-infrared system and its use in the formulation of sponge cake. in: *Food science and technology*, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 2016, pp. 122.
- [6] Gholipour Shahraki, P., Fazel, M. 2019. Effect of edible coating and time and temperature of drying on properties of dried fig, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 15, 77-89.
- [7] Salehi, F. 2021. Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review, *International Journal of Fruit Science*. 21.
- [8] Doymaz, İ. 2004. Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots, *Biosystems Engineering*. 89, 281-287.
- [9] Garcia, C. C., Caetano, L. C., de Souza Silva, K., Mauro, M. A. 2014. Influence of Edible Coating on the Drying and Quality of Papaya (*Carica papaya*), *Food and Bioprocess Technology*. 7, 2828-2839.
- [10] Seraji, A., Ghanbarzadeh, M., Sowti, M., Movahhed, S. 2012. The study of carboxymethyl cellulose-ascorbic acid based edible coating and osmotic dehydration on cucurbit drying, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 8, 209-218.
- [11] Gounga, M. E., Xu, S. Y., Wang, Z., Yang, W. G. 2008. Effect of whey protein isolate-pullulan edible coatings on the quality and shelf life of freshly roasted and freeze-dried chinese chestnut, *Journal of Food Science*. 73, E155-E161.
- [12] Salehi, F. 2020. Recent advances in the modeling and predicting quality parameters of fruits and vegetables during postharvest storage: A review, *International Journal of Fruit Science*. 20, 506-520.



Investigation of the effects of coating with xanthan and Balangu seed gums on the drying time of apricot slices in infrared system

Satorabi, M. ¹, Salehi, F. ^{2*}, Rasouli, M. ²

1. MSc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article History:</p> <p>Received 09 August 2020 Accepted 11 October 2020</p>	<p>Coating of fruits with edible gums increases the appearance quality, improves the color and reduces their shrinkage at the end of the drying process. In this study, Xanthan and Balangu gums were used to coating of apricot slices during drying in the infrared system and the drying kinetics of the samples were modeled. In this study, apricots were divided into three groups: control (without coating), coated with xanthan gum and coated with balangu seed gum, and then the effect of infrared lamp power (150, 250 and 375 W) and distance of samples from lamps (5, 7.5 and 10 cm) on the drying time of the samples were investigated. The concentration of used gum was 0.6% (w/w) and the thickness of apricot slices was 0.5 cm. The results of drying the apricot samples by infrared method showed that with increase in lamps power and decrease in samples distance from the heat source, the drying time decreases. Coating pretreatment increased the drying time of apricots and the drying time of samples coated with balangu seed gum was longer. The average drying time of the control samples, coated with xanthan and balangu gum was 73.11 min, 81.04 min and 83.74 min, respectively. This process was modeled by an artificial neural network with 3 inputs (type of coating, radiation lamp power and lamp distance) and 1 output (drying time). The results of artificial neural network modeling showed that the network with 7 neurons in a hidden layer and using the sigmoid activation function can predict the drying time of coated apricots using an infrared dryer ($r=0.974$).</p>
<p>Keywords:</p> <p>Artificial neural network, Coating, Drying time, Radiation.</p>	
<p>DOI: 10.52547/fsc.t.18.02.23</p> <p>*Corresponding Author E-Mail: F.Salehi@Basu.ac.ir</p>	