

ارزیابی خواص کیفی هویج در خشک کنی با مایکروویو با پیش تیمارهای مختلف به کمک شبکه عصبی مصنوعی

محسن آزادبخت^{۱*}، محمدجواد محمودی^۲، محمد واحدی ترشیزی^۳ و رضا فزاق جاهد^۴

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب: دانشیار، دانشجویان کارشناسی ارشد؛ و دانشجوی کارشناسی گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۳

چکیده

هویج به قطعات مساوی خرد و با دو روش پیش تیمار اهمیک و بلانچینگ تیماردهی شد. در پیش تیمار اهمیک سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ولت و زمان ۲، ۴ و ۶ دقیقه و در پیش تیمار بلانچینگ پارامتر زمان مورد بررسی ۲، ۴ و ۶ دقیقه در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از پیش تیمار، نمونه‌ها در مایکروویو با سطوح توانی ۳۶۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات خشک شدند و بعد از خشک شدن ویژگی‌های کیفی آنها مانند میزان آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل برای نمونه‌ها اندازه گیری شد. در این تحقیق، از شبکه عصبی چند لایه پرسپترون برای آموزش داده‌ها با استفاده از ۳ و ۶ نرون در لایه مخفی و سه تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک، سیگموئیدی و خطی استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، برای پیش تیمار اهمیک بهترین مقادیر R2 و RMSE برای مقدار آنتی‌اکسیدان (سیگموئیدی- ۶ نرون)، مقدار فلاونوئید (تانژانت هیپربولیک- ۶ نرون) و مقدار فنل کل (سیگموئیدی- ۶ نرون) بود. همچنین برای پیش تیمار بلانچینگ نیز شبکه فعال‌سازی با ۳ نرون در لایه پنهان و بهترین مقادیر R2 و RMSE را برای مقدار فنل کل، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان برای تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک به دست آمد.

واژه‌های کلیدی

بلانچینگ، تابع فعال‌سازی مختلف، گرمایش اهمیک، نورون

مقدمه

سبزی‌ها و از سوی دیگر عمر کوتاه و ماندگاری پایین آن باعث به وجود آمدن روش‌های مختلف فرآوری این سبزی شده است. یکی از عمومی‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های فرآوری محصولات، خشک کردن است. خشک کردن باعث افزایش قابلیت نگهداری به دلیل فعالیت آبی پایین، کاهش واکنش‌های شیمیایی به دلیل میزان رطوبت کمتر و تسهیل در حمل و نقل به دلیل حجم کمتر ماده غذایی می‌شود. خشک کردن روشی است حفاظتی که در آن میزان رطوبت محصول تا رسیدن

هویج از سبزی‌های رایج برای تغذیه انسان است و از آنجا که غنی از ویتامین، مواد معدنی و سایر مواد مغذی ارزشمند و منبعی عالی از بتا کاروتن است، جایگاهی ویژه در رژیم غذایی روزانه افراد دارد. از این رو، باید سلامت این محصول را با استفاده از روش‌های حفاظتی گوناگون تقویت کرد (Erenturk & Erenturk, 2007). تلاش‌های زیادی به منظور آماده‌سازی هویج برای استفاده از آن در سوپ، مربا و خورشت‌ها شده است. مصرف زیاد میوه‌ها و

است. برای نمونه، در تحقیقاتی در سال ۲۰۱۰ روی تاثیر سطوح توان و جرم نمونه در خشک کردن بامیه با مایکروویو، نتایج بدین صورت بود که با افزایش توان مایکروویو زمان خشک کردن بامیه به طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند (Dadali *et al.*, 2007). در تحقیقاتی روی آب پرتقال، اثر پیش تیمار اهمیت و اثر آن بر پارامترهای مختلف بررسی شد؛ مزایایی از جمله حفظ رنگ و کیفیت، کاهش زمان فرآوری و عملکرد بالای آن از نتایج این تحقیقات بود (Vikram *et al.*, 2005). در آزمایش‌هایی این نتیجه به دست آمد که با افزایش مقدار توان مایکروویو، سطح بیشتری از فنل و آنتی‌اکسیدان در میوه انبه حاصل می‌شود که نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین توان خشک کن مایکروویو و مقادیر فنل و آنتی‌اکسیدان است (Izli *et al.*, 2017). در آزمایش‌هایی روی انواع مختلفی از میوه‌های خشک شده مشاهده گردید که با افزایش دمای خشک کردن یا به عبارت دیگر افزایش مدت زمان خشک کردن، مقدار فنل کاهش می‌یابد (Izli, 2017).

هدف از این تحقیق بررسی توانایی و پیش‌بینی شبکه عصبی برای برخی از ویژگی‌های کیفی هویج-های برش داده شده مانند مقدار آنتی‌اکسیدان، فنل و فلاونوئید در دو پیش تیمار گرمایش اهمیت و بلانچینگ است. تا با تعیین بهترین سطح از ویژگی‌های کیفی هویج، محصولی با کیفیت بیشتر و عرضه بهتر حاصل شود.

مواد و روش‌ها

آماده کردن نمونه

هویج تازه رقم نانت، با ابعاد متوسط دارای طول حدود ۱۸/۵ سانتی متر و قطر حدود ۳ سانتی متر از

به مقدار پایداری کاهش می‌یابد. خشک کردن با مایکروویو یکی از رایج‌ترین روش‌های خشک کردن در فرآوری مواد غذایی است. از فواید خشک کردن با استفاده از خشک کن مایکروویو تمرکز بهتر انرژی روی محصول در حال خشک شدن و خروج سریع رطوبت است و فقط ۲۰ تا ۳۵ درصد نسبت به سایر روش‌های خشک کردن به فضا نیاز دارد (Sharma & Prasad, 2006; Wray & Ramaswamy, 2015). از مزایای دیگر خشک کردن با استفاده از خشک کن مایکروویو می‌توان به کیفیت بهتر محصولات خشک شده با این روش اشاره کرد. خشک کن مایکروویو دارای امواج الکترومغناطیسی است که با عبور از محصول و با تحریر ذرات باردار در مواد تشکیل‌دهنده شیمیایی، عمدتاً آب، گرمایی در محصول ایجاد می‌کنند. این نوع خشک کردن برای محصولات دارای رطوبت بالا مثل هویج، قارچ و کلم به دلیل خواص دی‌الکتریک آب که جذب‌کننده سریع انرژی مایکروویو است، مناسب خواهد بود (Prabhanjan *et al.*, 1995). یکی از روش‌های مناسب برای خشک کردن قطعات هویج، استفاده از خشک کن بستر سیال است که در بسیاری از منابع داخلی و خارجی قابل بررسی است.

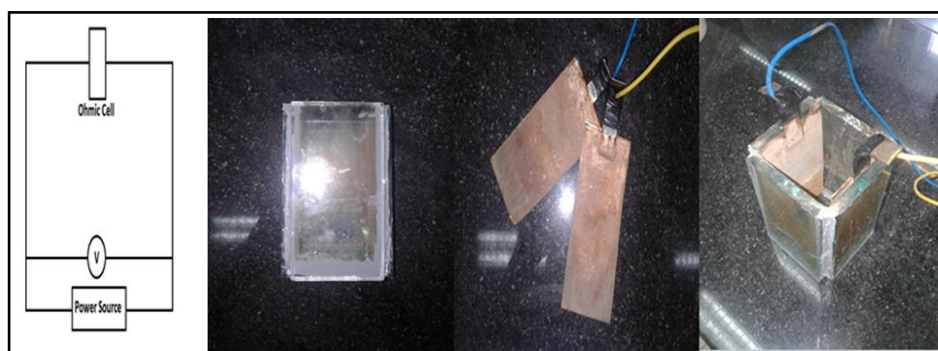
گرمایش اهمیت روش گرمایشی الکتریکی بر اساس عبور جریان الکتریکی از میان ماده غذایی است. مواد غذایی شامل آب و یون‌های نمک هستند که برای به کارگیری در گرمایش اهمیت بسیار مناسب‌اند. از مزیت‌های آشکار روش گرمایش اهمیت نسبت به روش‌های مرسوم دیگر، فقدان اختلاف دما در محلول و محدودیت‌های ضریب انتقال حرارت است (Castro *et al.*, 2004; Icier & Sarang *et al.*, 2008). استفاده از پیش تیمارها در محصولات مختلف ارزیابی شده

سانتی‌متر به ترتیب طول، عرض و ارتفاع) و دو الکتروود از جنس استیل ضد زنگ با ابعاد ۸×۱۵ سانتی‌متر تشکیل شده است. در این پیش تیمار، دو قطب مثبت و منفی خارج شده از منبع انرژی به دو صفحه فلزی قرار گرفته شده در سلول اهمیک متصل می‌شوند. هنگامی که آب مقطر ریخته شده به درون سلول به نقطه جوش برسد، نمونه‌هایی که با ضخامت ۲ میلی‌متر بریده شده‌اند به آن اضافه می‌شود، نمونه‌ها به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه و ولتاژهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ولت در آن باقی می‌مانند. شکل ۱ نمودار شماتیک و تصویری واقعی از پیش تیمار اهمیک را نشان می‌دهد.

بازارهای استان گلستان، گرگان، ایران تهیه شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و شسته و برای اندازه‌گیری رطوبت بر پایه خشک درون آون قرار داده شدند تا در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به وزن ثابت برسند. پس از آن، رطوبت آنها در این آزمایش بر اساس استاندارد ۱۳۴-۱۲۹:۱(۱) اندازه‌گیری شد (Azadbakht *et al.*, 2016). رطوبت نهایی نمونه‌های هویج خشک شده ۱۳/۶٪ بر پایه خشک به دست آمد (Marsilio *et al.*, 2000).

پیش تیمار اهمیک

دستگاه اهمیک از یک جعبه شیشه‌ای با ضخامت ۱۰ میلی‌متر با ابعاد (۸، ۸ و ۱۵



شکل ۱- شکل واقعی و نمودار شماتیک پیش تیمار اهمیک

Fig. 1- Real picture and schematic diagram of ohmic pre-treatment

MS94CR و ساخت کره جنوبی) خشک شدند. وزن نمونه‌ها با استفاده از ترازو (مدل EK 610i ساخت کمپانی AND، ژاپن) با دقت ۰/۰۱ میلی گرم اندازه‌گیری شد. وزن هر یک از نمونه‌ها در بازه زمانی ۱ دقیقه با ترازویی که به خشک کن متصل بود اندازه‌گیری شد تا سرانجام به یک رطوبت ثابت برسند. برای هر یک از تیمارها، آزمایش‌ها سه بار تکرار شد. این آزمایش در دمای محیط، ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی محیط ۷۱ درصد، اجرا شد. نمونه‌ها بعد از کامل شدن مرحله خشک کردن،

پیش تیمار بلانچینگ

در این پیش تیمار، نمونه‌های هویج تحت هوای داغ ناشی از آب مقطر در نقطه جوش به مدت ۲، ۴ و ۶ دقیقه قرار داده شدند تا فرایند پیش تیمار کامل شود. پس از این فرایند، نمونه‌ها برای خشک شدن در خشک کن مایکروویو قرار داده شدند.

فرایند خشک کردن

قطعات پیش تیمار شده در درون ظروف قرار داده شدند و در سه توان ۳۶۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات در یک خشک کن مایکروویو (سولاردام ۳۸ لیتری مدل

گرم در ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد) با فولین سیوکالتیو و آب مقطر تهیه و پس از ۵ تا ۸ دقیقه استراحت، کربنات سدیم یک مولار (۱۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به آن افزوده شد. محلول فوق به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار با دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شدند. با قرار دادن عدد جذب نمونه به جای y در رابطه ۲، میزان فنل (x) بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم به دست آمد (Jaramillo-Flores *et al.*, 2003).

$$y=0.0034x-0.0114 \quad (2)$$

مقدار فلاونوئید

برای تعیین مقدار فلاونوئید، عصاره متانولی با متانول، آلومینیم کلرید ۱۰ درصد (۱۰ گرم آلومینیم کلرید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، استات پتاسیم یک مولار (۲/۴۱ گرم در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و آب مقطر مخلوط شد. برای تهیه نمونه شاهد، به جای عصاره متانولی تنها از متانول خالص استفاده شد. مخلوط نیم ساعت در تاریکی قرار داده شد و بلافاصله با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرار داده شد و عدد خروجی دستگاه قرائت گردید. اعداد به دست آمده برای فلاونوئید با رجوع به منحنی استاندارد واقعی شدند. منحنی استاندارد با استفاده از فرمول ۳ به دست آمد. به این منظور غلظت‌های مختلف از استاندارد کوئرستین ساخته شده و بعد از خوانده شدن عدد جذب، اعداد واقعی و غلظت فلاونوئید کل به دست آمد.

$$y=0.0121x+0.0722 \quad (3)$$

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش، شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP)^۱ برای مدل‌سازی توان مایکروویو ولتاژ اهمیک و مدت زمان فرایند اهمیک برای پیشگویی میزان

آسیاب شدند و برای آزمون‌های سنجش کیفیت به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

سنجش‌های کیفی

به منظور اندازه‌گیری فنل کل و درصد مهار رادیکال‌های آزاد، مقداری از نمونه آسیاب شده هر تیمار با مقداری متانول ۸۰ درصد (نسبت ۱ به ۱۰) در هاون سرد کوبیده و همگن شد. ماده همگن شده به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و روی شیکر مستقر و چند دقیقه در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. از قسمت فوقانی عصاره برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر استفاده شد (Mashayekhi, 2016).

درصد مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH

در این آزمایش، درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با روش لی و همکاران (Li *et al.*, 2012) اندازه‌گیری شد. ابتدا چند میلی‌لیتر از DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار (۴ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) به لوله آزمایش اضافه و مقداری از عصاره متانولی تهیه شده به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شدند و بلافاصله با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل 2800 UV/VIS در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. نمونه شاهد حاوی ۲ میلی‌لیتر DPPH و ۲ میلی‌لیتر متانول بود. برای کالیبره کردن، از دستگاه اسپکتروفوتومتر با متانول استفاده شد. اعداد به دست آمده با رابطه ۱ به درصد مهار تبدیل شد (Li *et al.*, 2012).

$$DPPH=(A_c-A_s)/A_c \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

A_c = جذب نمونه شاهد؛ و A_s = جذب نمونه‌ها

مقدار فنل کل

برای اندازه‌گیری فنل کل از روش فولین سیوکالتیو استفاده شد. بدین منظور، مخلوط عصاره متانولی (۵/۰

شبیه‌سازی نیز از نرم‌افزار نروسولوشن ۵ (Neuro solutions 5) استفاده شد. همچنین از توابع فعال‌سازی^۳ Liner, Sigmoidi, TanhAxon در لایه پنهان ورودی و خروجی استفاده گردید. در این تحقیق از روش بهینه‌سازی لونیگ-مارکوت^۴ به منظور یادگیری شبکه استفاده شد. ۷۰ درصد از دیتاها برای آموزش، ۱۵ درصد برای ارزیابی شبکه^۵ و ۱۵ درصد برای آزمون شبکه^۶ به کار گرفته شد (جدول ۱).

ترکیبات شیمیایی هویج شامل آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و مقدار فنل کل انتخاب گردید. شبکه عصبی چند لایه پرسپترون شبکه‌ای است^۲ پیش‌خور^۲ با یک ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی. این شبکه توسط ۱ لایه پنهان برای آزمایش انتخاب شد که برای لایه‌های ورودی و خروجی تشکیل‌دهنده شبکه به ترتیب تعداد ۳ و ۶ نرون قرار داده شد که برای هر یک از تعداد نرون‌ها شبکه به صورت جداگانه شبیه‌سازی گردید و برای این

جدول ۱- مقادیر تشکیل شبکه عصبی مصنوعی برای پارامترهای آموزش، آزمون، ارزشیابی، تعداد نرون، تابع فعال‌سازی، تابع آموزش و لایه مخفی

Table 1- The values of artificial neural network formation for training parameters, test, evaluation, number of neurons, activation function, training function and hidden layer

آموزش داده‌ها Train data	ارزشیابی داده‌ها Cross validation	آزمون داده‌ها Test data	تعداد نرون‌ها در هر لایه مخفی Number of neuron in each hidden layer	نوع تابع فعال‌سازی Function activation	تابع آموزش Train Function	تعداد لایه‌های مخفی Number of hidden layer
70%	15%	15%	3	Hyperbolic tangent Sigmoid Linear	Levenberg Marquardt	1
70%	15%	15%	6	Hyperbolic tangent Sigmoid Linear	Levenberg Marquardt	1

شبیه‌سازی داده‌ها توسط شبکه عصبی منظور گردید و الگوریتم برآورد خطا در شبکه‌های تشکیل شده با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا^۸ برای بررسی داده‌ها انتخاب شد. برای ارزیابی شبکه، از دو معیار ضریب تبیین (R) و ریشه میانگین مربعات خطا^۹ استفاده شد. ضریب تبیین میزان همبستگی بین داده‌های خروجی شبکه عصبی و داده‌های مشاهده شده را تعیین می‌کند و از رابطه^۶ آن برابر صفر است. پارامترهای آماری شامل میانگین مربعات خطا^۱، ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب تبیین و میانگین خطای مطلق^۲ برای ورودی‌ها و روابط با استفاده از فرمول‌های جدول ۲ محاسبه شد.

توان مایکروویو و لتاژ اهمیت و مدت زمان فرایند اهمیت به عنوان ورودی‌های شبکه و ترکیبات شیمیایی هویج (آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید، مقدار فنل کل) خروجی‌های شبکه مورد نظر بودند. پنج تکرار برای شبیه‌سازی داده‌های شبکه عصبی مصنوعی به منظور رسیدن به حداقل میزان خطا و حداکثر پایداری شبکه به صورت میانگین برابر ۵۰۰۰ سیکل یادگیری^۷ برای محاسبه می‌شود که مقدار بهینه آن برابر یک است. میانگین مربعات خطا اختلاف بین داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های واقعی را تعیین می‌کند (رابطه^۸) و ریشه آن از رابطه^۹ محاسبه می‌شود. هدف شبکه خوب این است که میزان این خطا را به کمترین مقدار برساند و مقدار ایده‌آل

1- Multi-layer perceptron

3- Activation function

5- Validating data

7- Epoch

9-(RMSE) Root mean squared error

2- Feed-Forward

4- Levenberg-Marquardt (LM)

6- Testing data

8- Back propagation error

جدول ۲- رابطه‌های شبکه عصبی

Table 2- Relationships of the neural network

فرمول Formula	شماره فرمول Formula number	رفرنس Reference
$\text{Tanh} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	4	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
$\text{Sig} = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	5	(Salehi <i>et al.</i> , 2017)
$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{(P_i - O_i)^2}$	6	(Azadbakht <i>et al.</i> , 2017)
$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{(P_i - O_i)^2}}$	7	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
$= \sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \text{MSE}$	8	(Azadbakht <i>et al.</i> , 2016)
$= \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n}} \text{RMSE}$	9	(Khoshnevisan <i>et al.</i> , 2013)
$\text{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - O_i }{n}$	10	(Azadbakht <i>et al.</i> , 2018)

رابطه‌های ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ شامل مقادیر پیش‌بینی شده (Pi) و مقادیر واقعی (Oi) و مقدار متوسط داده (O) است.

نتایج و بحث

نتایج شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌تیمار اهمیت

در جدول ۳، بعضی از بهترین توپولوژی‌های شبکه عصبی *MLP* برای پیش‌بینی آموزش و آزمون شبکه نشان داده شده است. در این جدول مقادیر به دست آمده برای *MSE*، *RMSE*، *MAE* و R^2 برای آموزش شبکه دیده می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت برای مقدار آنتی‌اکسیدان ($R^2=0.9188$) و فنل کل ($R^2=0.8607$ ، $RMSE=73.38$) ($RMSE=1.44$) بیشترین میزان R^2 و کمترین مقدار *RMSE* زمانی بوده که تابع فعال‌سازی سیگموئیدی و شبکه با ۶ نرون در لایه پنهان تشکیل شده باشد و بهترین مقدار برای R^2 و *RMSE* برای مقدار فلاونوئید ($R^2=0.7364$ ، $RMSE=99.85$) به ترتیب در شبکه تشکیل شده با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک با ۳ نرون و تابع فعال‌سازی سیگموئیدی با ۶ نرون به دست آمده است. برای مقدار آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان نمونه‌ها، شبکه‌ای که ۶ نرون داشته نسبت به شبکه‌ای که با

سه نرون تشکیل شده توانسته مقدار بهتری از R^2 و *RMSE* را ایجاد کند و افزایش میزان نرون مقادیر R^2 و *RMSE* را بهبود بخشیده است و همچنین از بین سه تابع فعال‌سازی نیز در مقدار آنتی‌اکسیدان تابع فعال‌سازی سیگموئیدی بهترین مقدار *RMSE* و تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک نیز بهترین مقدار R^2 را داشته است و برای فلاونوئید و فنل کل نیز بهترین مقدار برای R^2 و *RMSE* در تابع فعال‌سازی سیگموئیدی مشاهده شده است که بهترین مقادیر را به دست آورده است.

در جدول ۴ بهترین میزان اجرا و سیکل یادگیری برای هر یک از تعداد نرون‌ها و توابع فعال‌سازی در لایه‌های مخفی نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان مشاهده کرد که تابع فعال‌سازی سیگموئیدی با ۶ نرون در لایه مخفی توانسته بهترین مقدار رادر اجرا و تکرار را داشته باشد که پایین بودن این تعداد اجرا نشان‌دهنده یادگیری سریع شبکه است. همچنین ب خطی با ۶ نرون در لایه پنهان سریع‌تر توانسته مقدار را پیش‌بینی و شبکه را تشکیل دهد

ارزیابی خواص کیفی هویج در خشک کنی با مایکروویو ...

اما در تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک شبکه با ۳ دهد. مقادیر ارزشیابی شبکه‌ها نیز در جدول ۴ نرون توانسته در اجرای کمتری شبکه را تشکیل گزارش شده است.

جدول ۳- بعضی از بهترین توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش‌بینی آموزش و آزمون شبکه

Table 3- Some of the best MLP neural network topologies for predicting network training and testing					
R^2	MAE	NMAE	RMSE	MSE	
0.8478	6.54	0.29	9.338	87.20	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.8009	7.71	0.38	10.185	103.74	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.7986	10.5103	0.6553	13.375	178.89	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					6
0.8343	7.30	0.3614	10.062	101.24	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.8607	6.00	0.26	8.566	73.38	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.8457	7.236	0.307	9.657	93.263	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.7364	7.67	0.47	11.233	126.17	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.7307	8.79	0.75	12.434	154.61	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.6347	9.7167	0.7154	13.924	193.87	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					6
0.7058	8.09	0.5069	11.675	136.30	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.7286	6.50	0.47	9.992	99.85	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.7307	6.974	0.467	10.568	111.678	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.8096	1.66	0.37	2.133	4.55	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.7968	2.26	0.74	2.766	7.65	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.8189	1.7385	0.3482	2.184	4.76	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					6
0.8787	1.48	0.2490	1.841	3.39	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner
0.9188	1.00	0.16	1.200	1.44	تانژانت هیپربولیک
					Tangent hyperbolic
					3
0.8365	1.444	0.315	1.798	3.233	سیگموئیدی
					Sigmoid
					خطی
					Liner

مقدار آنتی‌اکسیدان
Antioxidant amount

مقدار فلاونوئید
Flavonoid amount

مقدار فنل کل
Total phenol amount

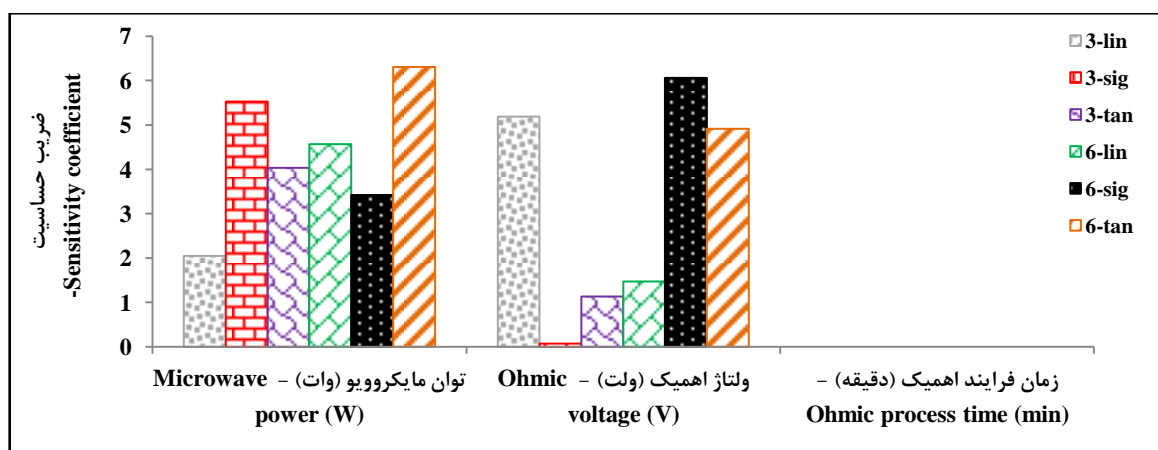
جدول ۴- برخی از توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش‌بینی مقادیر آموزش و ارزشیابی مقادیر

Table 4- Some MLP Neural Network Topologies for Predicting Training and Evaluating Values

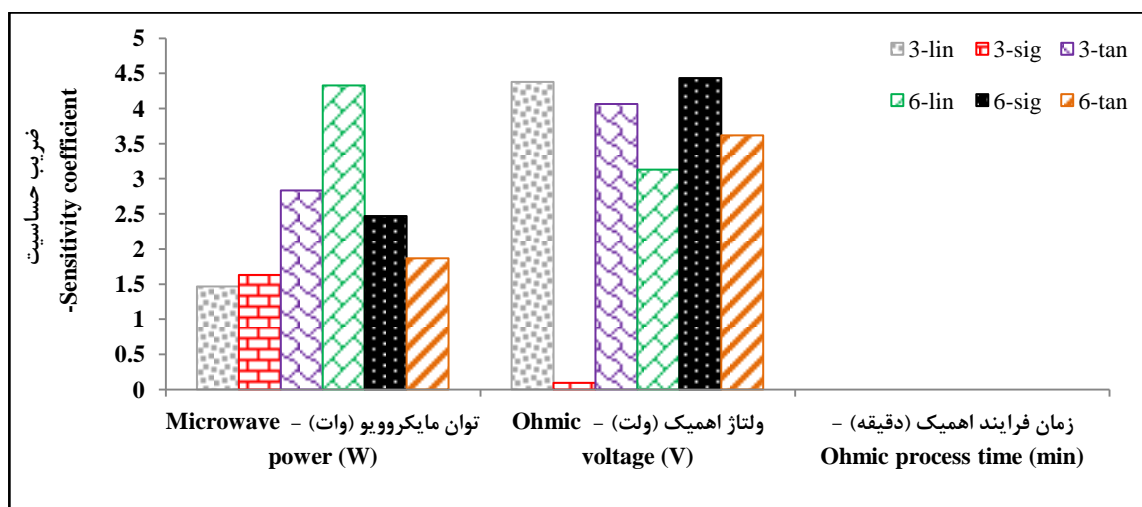
تکرار Epoch	اجرا Run	تکرار Epoch	اجرا Run	توزینات هیپربولیک Tangent hyperbolic	
11	1	134	4		
4	4	153	1	سیگموئیدی Sigmoid	3
45	3	1233	3	خطی Liner	
11	3	141	5	توزینات هیپربولیک Tangent hyperbolic	
72	4	133	1	سیگموئیدی Sigmoid	6
10	5	54	3	خطی Liner	

نشده است. برای مقدار فلاونوئید نیز شبکه عصبی تأثیر ولتاژ اهمیت را نسبت به توان مایکروویو بیشتر به دست آورده و در این حالت نیز زمان فرایند مقدار بسیار کم و تأثیرگذاری آن نیز اندک بوده است (شکل ۳). برای مقدار فنل کل نیز ولتاژ اهمیت تأثیر بیشتری نسبت به دو پارامتر زمان فرایند و توان مایکروویو داشته است (شکل ۴). نتایج به دست آمده در شکل ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

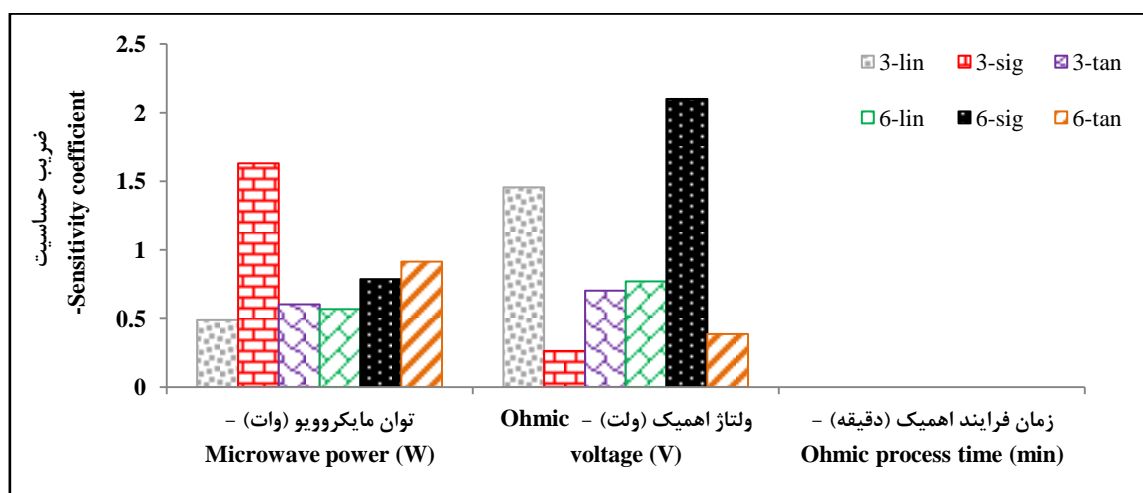
ضریب‌های حساسیت برای مقدار آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل در شکل ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است که با توجه به شکل ۲ برای آنتی‌اکسیدان می‌توان گفت ضریب حساسیت توان مایکروویو که توان خشک کردن نمونه‌هاست تأثیر به مراتب بیشتری بر میزان آنتی‌اکسیدان داشته و بعد از آن ولتاژ اهمیت تأثیرگذار بوده است؛ زمان فرایند تأثیر بسیار ناچیزی داشته که از این رو در نظر گرفته



شکل ۲- ضریب حساسیت مقدار آنتی‌اکسیدان برای پیش تیمار اهمیک
Fig. 2- Sensitivity coefficient of Antioxidant value for ohmic pre-treatment



شکل ۳- ضریب حساسیت مقدار فلاونوئید برای پیش تیمار اهمیک
Fig. 3- Sensitivity coefficient of Flavonoid value for ohmic pre-treatment



شکل ۴- ضریب حساسیت مقدار فنل کل برای پیش تیمار اهمیک
Fig. 4- Sensitivity coefficient of phenol content value for Ohmic pre-treatment

باشد و شبکه را تشکیل دهد. با توجه به مقادیر R^2 می‌توان در مجموع گفت شبکه‌های تشکیل شده مناسباند زیرا مقدار R^2 همه شبکه‌های تشکیل شده بالای ۰/۷ است. همچنین می‌توان از جدول مشاهده کرد که وقتی از شبکه با ۶ نرون استفاده شود مقدار R^2 در تمامی شبکه‌ها بهتر از حالت ۳ نرون در لایه مخفی بوده است و برای $RSME$ نیز، به جز برای مقدار فلاونوئید که در حالت ۳ نرون بهترین مقدار را داشته، شبکه با ۶ نرون در لایه مخفی توانسته

نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش تیمار بلانچینگ

نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش تیمار بلانچینگ در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به این جدول می‌توان گفت برای آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل، تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک در زمانی که شبکه با استفاده از ۳ نرون در لایه مخفی تشکیل شده است توانسته بیشترین مقدار R^2 و کمترین مقدار $RMSE$ را داشته

مقدار کمتری به دست آورد. از بین توابع فعال‌سازی، تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک بهترین مقدار R^2 را برای مقدار آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل داشته است و مقدار $RMSE$ نیز برای فلاونوئید و فنل کل بهترین مقدار در شبکه آموزش داده شده با تابع فعال‌سازی تانژانت بوده و برای آنتی‌اکسیدان کمترین مقدار از بین سه تابع فعال‌سازی برای تابع فعال‌سازی خطی بود.

جدول ۵- بعضی از بهترین توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش‌بینی آموزش و آزمون شبکه

Table 5 - Some of the best MLP neural network topologies for network training and testing.

R^2	MAE	NMAE	RMSE	MSE		
0.8869	7.021	0.231	8.83	78.034	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار آنتی‌اکسیدان Antioxidant amount
0.7120	12.74	0.66	14.69	215.9	سیگموئیدی Sigmoid	
0.7936	10.89	0.459	9.02	82.369	خطی Liner	
0.8213	7.66	0.34	10.30	106.09	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار آنتی‌اکسیدان Antioxidant amount
0.7448	8.31	0.46	10.75	115.58	سیگموئیدی Sigmoid	
0.8377	8.08	0.30	9.86	97.27	خطی Liner	
0.8844	3.892	0.219	6.28	39.429	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار فلاونوئید Flavonoid amount
0.6813	7.58	0.81	10.06	101.27	سیگموئیدی Sigmoid	
0.7312	5.69	0.698	7.68	58.963	خطی Liner	
0.7765	7.30	0.48	10.63	112.97	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار فلاونوئید Flavonoid amount
0.8048	6.26	0.35	8.22	67.51	سیگموئیدی Sigmoid	
0.7594	7.61	0.52	9.72	94.55	خطی Liner	
0.9452	2.007	0.178	2.26	5.09	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار فنل کل Total phenol amount
0.811	2.80	0.41	3.57	12.76	سیگموئیدی Sigmoid	
0.836	2.75	0.32	3.37	11.365	خطی Liner	
0.8791	1.92	0.24	2.48	6.16	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic	مقدار فنل کل Total phenol amount
0.8928	1.84	0.21	2.57	6.597	سیگموئیدی Sigmoid	
0.8917	2.67	0.37	3.20	10.25	خطی Liner	

در لایه‌های مخفی نشان داده شده است. در کل، شبکه‌ای بهتر است که بتواند در کمترین اجرا و

در جدول ۶ بهترین میزان اجرا و سیکل یادگیری برای هر یک از نرون‌ها و توابع فعال‌سازی

تکرار شبکه را تشکیل دهد اما برای بررسی داده‌ها و پیش‌بینی فقط سرعت ایجاد شبکه اهمیت ندارد و باید مواردی مانند R^2 و $RMSE$ بررسی شود که به ترتیب باید بیشترین و کمترین مقدار را داشته باشند. در جدول ۶ مقادیر اجرا و تکرار شبکه نشان داده شده است که سریع‌ترین شبکه تشکیل شده شبکه‌ای با تابع فعال‌سازی سیگموئیدی و خطی با ۶

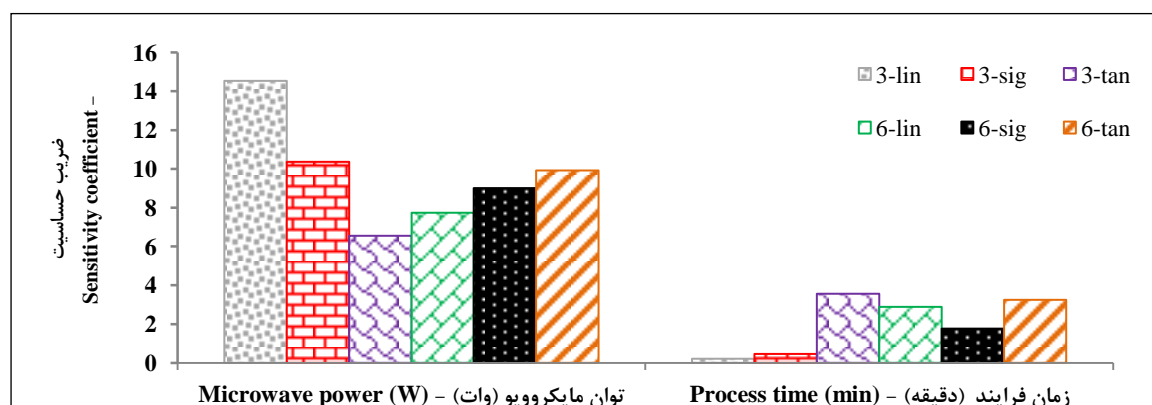
نرون در لایه مخفی بوده است که توانسته در اجرا اول و تکرار ۶ شبکه را تشکیل دهد. با توجه به اینکه مقادیر R^2 و $RMSE$ این شبکه‌ها نزدیک به هم و نزدیک به تابع تانژانت هیپربولیک هستند می‌توان این شبکه‌ها را قابل قبول دانست اما بهترین شبکه از لحاظ R^2 و $RMSE$ در بالا گزارش شده است.

جدول ۶- برخی از توپولوژی‌های شبکه عصبی MLP برای پیش‌بینی مقادیر آموزش و ارزشیابی مقادیر
Table 6- Some of MLP ANN Topologies for Predicting Training and Evaluation Values

تکرار Epoch	اجرا Run	تکرار Epoch	اجرا Run	
23	4	5000	3	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic
1	3	92	1	سیگموئیدی Sigmoid
453	4	126	2	خطی Liner
5	3	44	1	تانژانت هیپربولیک Tangent hyperbolic
2	3	6	1	سیگموئیدی Sigmoid
1	5	6	1	خطی Liner

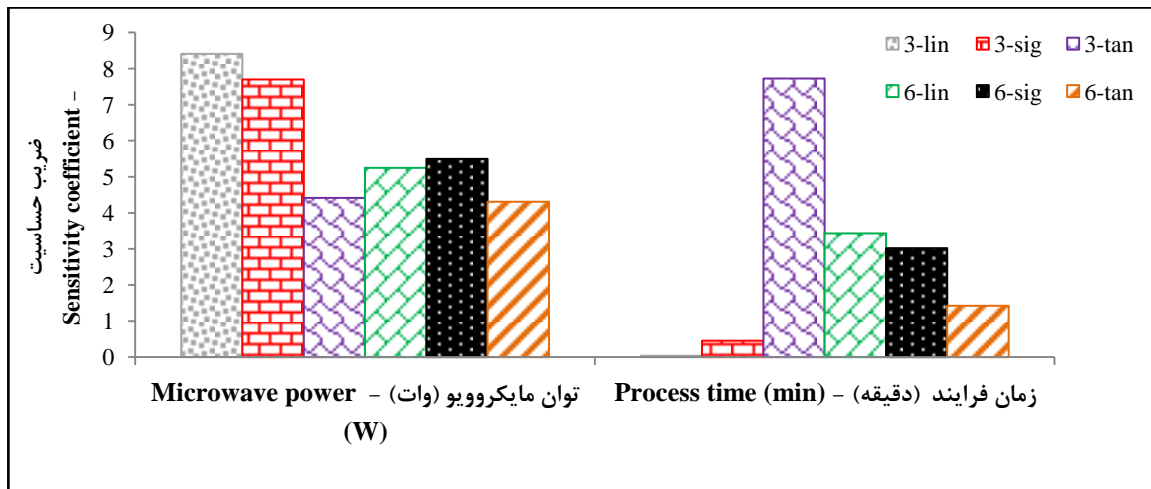
بر مقادیر مقدار آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل داشته است و زمان بلانچ کردن تأثیر کمتری بر آنها داشته است و در اکثر شبکه‌ها این موضوع به وضوح قابل مشاهده است.

در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ ضریب‌های حساسیت برای مقدار آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و فنل کل نشان داده شده است که با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت توان مایکروویو به مراتب تأثیر بیشتری

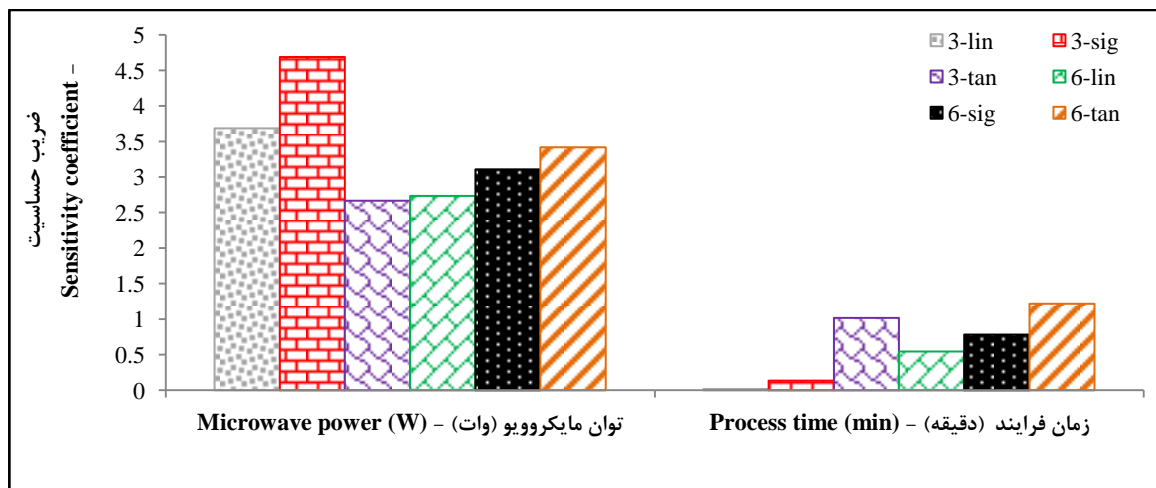


شکل ۵- ضریب حساسیت مقدار آنتی‌اکسیدان برای بیش تیمار بلانچینگ

Fig. 5- Sensitivity coefficient of Antioxidant value for blanching pre-treatment



شکل ۶- ضریب حساسیت مقدار فلاونوئید برای پیش تیمار بلانچینگ
 Fig. 6- Sensitivity coefficient of Flavonoid value for blanching pre-treatment



شکل ۷- ضریب حساسیت مقدار فنل کل برای پیش تیمار بلانچینگ
 Fig. 7- Sensitivity coefficient of total phenolic value for blanching pre-treatment

نسبت به بقیه توابع فعال سازی شبکه را آموزش و تشکیل دهد و برای حالت ۳ و ۶ نرون در لایه مخفی نیز در اولین اجرا با کمترین میزان تکرار و اجرا شبکه تشکیل شده است. برای ضریب حساسیت نیز توان مایکروویو و ولتاژ همیک به ترتیب تأثیر بیشتری بر میزان فنل کل، آنتی‌اکسیدان و فلاونوئید داشته اما بر زمان فرایند همیک تأثیری نداشته است. برای پیش تیمار بلانچینگ نیز بهترین شبکه تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک و ۳ نرون در لایه مخفی برای ایجاد شبکه استفاده شده و همان‌طور که از مقادیر R^2 و $RMSE$ مشاهده می‌شود

نتیجه‌گیری

برای پیش تیمار همیک، بهترین شبکه‌ای که دارای بیشترین میزان R^2 و کمترین مقدار $RMSE$ است، شبکه‌ای با تابع فعال سازی سیگموئیدی و با ۶ نرون در لایه مخفی است. شبکه‌های تشکیل شده دیگر نیز R^2 و $RMSE$ مناسبی دارند و برای تمامی شبکه‌ها این مقادیر قابل قبول و شبکه‌های قابل قبولی برای پیش‌بینی مقدار آنتی‌اکسیدان، فنل کل و فلاونوئید با توابع و نرون‌ها در لایه مخفی تشکیل شده است. در بین توابع فعال سازی نیز تابع فعال سازی سیگموئیدی توانسته با سرعت بیشتری

شبکه استفاده شده و همان طور که از مقادیر R^2 و $RMSE$ مشاهده می شود تمامی شبکه های تشکیل شده برای مقدار آنتی اکسیدان، فنل کل و فلاوونوئید مناسب بوده است؛ اما در مجموع شبکه ای با ۶ نرون دقت بالاتری داشته است. برای تشکیل و آموزش شبکه نیز سریع ترین شبکه، شبکه-ای با ۶ نرون در لایه مخفی است. تابع سیگموئیدی نیز به عنوان تابع فعال سازی انتخاب شده است. برای ضریب حساسیت نیز توان مایکروویو در بلانچینگ تأثیر بیشتری بر میزان آنتی اکسیدان، فنل کل و فلاوونوئید داشته و تأثیر زمان بلانچینگ به مراتب کمتر بوده است. در مجموع، در مقایسه شبکه ها برای دو پیش تیمار اهمیتیک و بلانچینگ می توان گفت میزان R^2 در تعداد ۳ و ۶ نرون برای شبکه ای که برای بلانچینگ تشکیل شده، بیشتر از آن بوده است که برای پیش تیمار اهمیتیک تشکیل شده است و مقادیر بیشتری برای R^2 در این پیش تیمار به دست آمده است. اما برای مقدار $RSME$ در شبکه ای که با ۶ نرون تشکیل شده است، کمترین میزان آن در شبکه با پیش تیمار اهمیتیک بوده و در شبکه تشکیل شده با ۳ نرون شبکه تشکیل شده برای بلانچینگ بیشترین مقدار را داشته است.

تمامی شبکه های تشکیل شده برای مقدار آنتی اکسیدان، فنل کل و فلاوونوئید مناسب است؛ اما در مجموع شبکه ای با ۶ نرون دقت بالاتری داشته است. برای تشکیل و آموزش شبکه نیز سریع ترین شبکه زمانی بود که ۶ نرون در لایه مخفی استفاده و تابع سیگموئیدی نیز به عنوان تابع فعال سازی انتخاب شده است. برای ضریب حساسیت نیز توان مایکروویو در بلانچینگ تأثیر بیشتری بر میزان آنتی اکسیدان، فنل کل و فلاوونوئید داشته و تأثیر زمان بلانچینگ به مراتب کمتر بوده است. در مجموع، در مقایسه شبکه ها برای دو پیش تیمار اهمیتیک و بلانچینگ می توان گفت میزان R^2 در تعداد ۳ و ۶ نرون برای شبکه-ای که برای بلانچینگ تشکیل شده است بیشتر از پیش تیمار اهمیتیک بوده و مقادیر بیشتری برای R^2 در این پیش تیمار به دست آمده است؛ اما برای مقدار $RSME$ در شبکه ای که با ۶ نرون تشکیل شده است کمترین میزان آن در شبکه با پیش تیمار اهمیتیک بوده است و در شبکه تشکیل شده با ۳ نرون شبکه تشکیل شده برای بلانچینگ بیشترین مقدار را داشته است. برای پیش تیمار بلانچینگ نیز بهترین شبکه زمانی بوده است که تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک و ۳ نرون در لایه مخفی برای ایجاد

مراجع

- Azadbakht, M., VAhedi Torshizi, M., Noshad, F., & Rokhbin, A. (2018). Application of artificial neural network method for prediction of osmotic pretreatment based on the energy and exergy analyses in microwave drying of orange slices. *Energy*, 165, 836-845. doi: 10.1016/j.energy.2018.10.017.
- Azadbakht, M., Aghili, H., Ziaratban, A., & Torshizi, M. V. (2017). Application of artificial neural network method to exergy and energy analyses of fluidized bed dryer for potato cubes. *Energy*, 120, 947-958. doi: 10.1016/j.energy.2016.12.006.
- Azadbakht, M., Vahedi Torshizi, M., & Ziaratban, A. (2016). Application of Artificial Neural Network (ANN) in predicting mechanical properties of canola stem under shear loading. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18, 413-425.
- Khoshnevisan, B., Rafiee, Sh., Omid, M., & Yousefi, M. (2013). Prediction of environmental indices of Iran wheat production using artificial neural networks. *International Journal of Energy and Environmental*, 4, 339-348.

Castro, I., Teixeira, J. A., Salengke, S., Sastry, S. K., & Vicente, A. A. (2004). Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 27-36.

Dadali, G., Kılıç Apar, D., & Özbek, B. (2007). Microwave drying kinetics of okra. *Dry Technology*, 25, 917-924. doi: 10.1080/07373930701372254.

Erenturk, S., & Erenturk, K. (2007). Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*, 78, 905-912. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.11.031.

Icier, F., & Ilicali, C. (2005). The effects of concentration on electrical conductivity of orange juice concentrates during ohmic heating Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *European Food Research and Technology*, 220, 406-414. doi: 10.1007/s00217-004-1043-x.

Izli, G. (2017). Total phenolics, antioxidant capacity, colour and drying characteristics of date fruit dried with different methods. *Food Science and Technology*, 37, 139-147.

Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology International*, 37, 1-9. doi: 10.1590/1678-457x.28316.

Jaramillo-Flores, M. E., González-Cruz, L., Cornejo-Mazón, M., Dorantes-álvarez, L., Gutiérrez-López, G. F., & Hernández-Sánchez, H. (2003). Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*opuntia ficus-indica*). *Food Science and Technology International*, 9, 271-278. doi: 10.1177/108201303036093.

Marsilio, V., Lanza, B., Campestre, C., & De Angelis, M. (2000). Oven-dried table olives : textural properties as related to pectic composition, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1271-1276. doi: 10.1002/1097-0010(200006)80.

Li, W. L., Li, X. H., Fan, X., Tang, Y., & Yun, J. (2012). Response of antioxidant activity and sensory quality in fresh-cut pear as affected by high O² active packaging in comparison with low O² packaging. *Food Science and Technology International*, 18, 197-205. doi: 10.1177/1082013211415147.

Mashayekhi, K. A. (2016). Guide Plant Physiology Experiments (Studies Before and After Harvest). Agricultural Education Research Pub. (in Persian)

Prabhanjan, D. G., Ramaswamy, H. S., & Raghavan, G. S. V. (1995). Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293.

Salehi, F. 1, Gohari Ardabili, A., Nemati, A., & Latifi Darab, R. (2017). Modeling of strawberry drying process using infrared dryer by genetic algorithm-artificial neural network method. *Journal of Food Science and Technology*, 14, 105-114.

Sarang, S., Sastry, S. K., & Knipe, L. (2008). Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating. *Journal of Food Engineering*, 87, 351-356.

Sharma, G. P., & Prasad, S. (2006). Specific energy consumption in microwave drying of

ارزیابی خواص کیفی هویج در خشک کنی با مایکروویو ...

garlic cloves. *Energy*, 31, 1585-1590. doi: 10.1016/j.energy.2005.08.006.

Vikram, V. B., Ramesh, M. N., & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69, 31-40. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.07.013.

Wray, D., & Ramaswamy, H. S. (2015). Novel Concepts in microwave drying of foods. *Drying Technology*, 33, 769-783. doi: 10.1080/07373937.2014.985793.



Research Paper

Evaluation of Carrot Qualitative Properties in Microwave Drying with Different Pretreatments by Artificial Neural Network

M. Azadbakht^{*}, M. J. Mahmoodi, M. Vahedi Torshizi, and R. Ghazagh Jahed

* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Biosystem Mechanical Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran. Email: azadbakht@gau.ac.ir

Received: 27 July 2019, Accepted: 22 April 2020

Abstract

In this research, the carrot was first grounded in equal pieces; the pieces underwent pretreatment using Ohmic and blanching methods. The treatments were preheated at 3 ohmic voltage levels as 40, 60 and 80 Volt and 3 period levels of 2, 4 and 6 minutes. Then parameters examined in the pretreatment blanching in 3 period levels of 2, 4 and 6 minutes. After the pre-treatment, samples were dried in microwave in 3 power levels of 360, 600 and 900 W. The qualitative properties of samples including antioxidant, flavonoids and total phenol content were determined for pre-treated and dried samples. A multilayer neural network of perceptron was used to teach data using 3 and 6 neurons in the hidden layer and three functions of hyperbolic, sigmoid, and linear tangent activation. According to the results obtained from the network, for Ohmic preheating method the best values of R^2 and RMSE were observed for antioxidant content (sigmoid-6 neuron), flavonoids content (hyperbolic tangent-6 neuron) and total phenol content (sigmoid-6 neuron). Also, the activation network with 3 neurons in the hidden layer and the hyperbolic tangent activation function were able to obtain the best values of R^2 and RMSE for the total phenol content, flavonoids and antioxidants in the blanching pre-treatment.

Keywords: Blanching, Different Activation Function, Neuron, Ohmic Heating.