

مدل سازی خشک کردن اسمزی زردآلو با استفاده از الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی

فخرالدین صالحی^{1*}، زهرا عباسی شاهکوه²، مهسا گودرزی²

¹استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

²دانشجوی کارشناسی علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی ساعی، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش: 1393/1/26

تاریخ دریافت: 1392/8/9

چکیده

ایران از نظر تولید زردآلو در جهان مقام دوم را دارد و مطالعه عوامل موثر بر خشک کردن این میوه و مقدار تاثیر آنها امری ضروری می باشد. لذا در این مطالعه تاثیر دمای محلول اسمزی در محدوده 25°C تا 65°C ، در مدت زمان 30 تا 120 دقیقه و غلظت محلول اسمزی در محدوده 30 تا 60 درصد (وزنی/وزنی) بر پارامترهای کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج خشک کردن اسمزی نشان داد که هر سه پارامتر ذکر شده بر کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد موثر هستند. با افزایش زمان فرآیند اسمزی از 30 دقیقه به 120 دقیقه، درصد کاهش وزن، درصد کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به ترتیب $21/78$ ، $50/64$ و $157/31$ درصد افزایش می یابند. در این پژوهش همچنین مدل سازی فرآیند به روش الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی با 3 ورودی و 3 خروجی جهت پیشگویی کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد انجام شد. نتایج مدل سازی به روش الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی نشان داد شبکه ای با تعداد 14 نرون در یک لایه پنهان و با استفاده از تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک می توان به خوبی درصد کاهش وزن ($R=0/98$)، درصد کاهش آب ($R=0/97$) و مقدار جذب مواد جامد ($R=0/96$) در طی فرآیند خشک کردن اسمزی زردآلو را پیشگویی نمود. نتایج آنالیز حساسیت توسط شبکه عصبی بهینه، دمای محلول اسمزی را به عنوان موثرترین عامل در کنترل کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد از قطعات زردآلو نشان داد.

واژه های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، آنالیز حساسیت، پیش بینی، سینتیک، شبکه عصبی مصنوعی.

1- مقدمه

کنترل مقدار آب موجود در محصولات کشاورزی یکی از روشهای نگهداری مواد غذایی است که مورد توجه بشر بوده است. گرچه استفاده از هوای داغ در خشک کردن روش مرسوم است اما اثرات سوئی بر کیفیت محصول از جمله تغییر رنگ، سفتی بافت و طعم اسیدی محصول خشک شده می گذارد. به همین علت می بایست از روش های دیگری برای بهبود کیفیت محصول نهایی استفاده نمود. خشک کردن اسمزی یک فرایند آبیگری از مواد غذایی مانند میوه جات و سبزیجات است که شامل خیساندن آنها در یک محلول هایپر تونیک¹ مناسب مانند قندی مانند ساکاروز، گلوکز و ... و همچنین نمک های مختلف می باشد که باعث کاهش رطوبت مواد غذایی قبل از فرایند خشک کردن نهایی می شود (1).

زردآلو با نام علمی *Prunus armeniaca* از خانواده رزاسه² یکی از خوشمزه ترین میوه ها در مناطق معتدله می باشد. 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 می شود. ایران پس از ترکیه مهمترین تولید کننده زردآلو در جهان می باشد (شکل 1). میوه تازه و برگه زردآلو ارزش تغذیه ای بالایی دارند و سرشار از آهن و ویتامین های A، B و C می باشد. مقادیر بالای بتاکاروتن و لیکوپن موجود در زردآلو باعث می شود تا از اکسیداسیون کلسترول بد جلوگیری کند (2) و (3).

آبیگری اسمزی به عنوان پیش تیمار برای بسیاری از فرآیندهای نگهداری از جمله انجماد، خشک کردن انجمادی، خشک کردن توسط مایکروویو و یا هوای داغ به منظور بهبود ویژگی های حسی، تغذیه ای و یا کاربردی مواد غذایی، استفاده گسترده ای دارد. به طور کلی سه جریان انتقال جرم طی فرآیند آبیگری اسمزی رخ می دهد که شامل انتقال آب از ماده غذایی به محلول اسمزی، انتقال مواد حل شده از محلول اسمزی به درون ماده غذایی و تراوش مواد محلول ماده غذایی به محلول اسمزی می باشد (1 و 4).

کواسکا و همکاران (2008) تاثیر آنزیم بری³ و انجماد را بر آبیگری اسمزی کدو حلوائی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها

نشان داد که هر دو روش پیش تیمار، باعث افزایش مقدار دفع آب و افزایش مقدار جذب مواد جامد در مقایسه با نمونه های شاهد می شود (5).

وجود جریان های همزمان انتقال جرم طی فرآیند آبیگری اسمزی یکی از اساسی ترین مشکلات مدلسازی سینتیک (کاهش وزن، کاهش آب و میزان جذب مواد جامد) در این فرآیندها می باشد. عموماً مدل سازی این فرآیند با استفاده از قانون دوم فیک و یا مدل های رگرسیونی انجام می شود. علی رغم سادگی این مدل ها استفاده از آن ها به دلیل وابسته بودن به تعداد زیادی از ویژگی های فیزیکی ماده غذایی و نیز توانایی پیشگویی پارامترهای سینتیکی فقط در شرایط نزدیک به شرایط آزمایشی اولیه، محدودیت هایی دارد. لذا محققان به فکر استفاده از روش های مدلسازی جدید جهت بررسی فرآیندهای موجود در صنایع غذایی می باشند. امروزه با توسعه فناوری های پردازش رایانه ای، از شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)⁴ به طور گسترده ای به منظور مدل سازی فرایند هایی صنایع غذایی به منظور پیشگویی پارامترهای مورد نظر در طراحی و توسعه سیستم ها استفاده شده است. شبکه های عصبی قادر به مدل سازی سیستم های غیر خطی و پیچیده با تعداد زیادی داده ورودی و خروجی می باشند و در اکثر موارد نتایج قابل قبولی توسط محققان گزارش شده است (6).

امیر یوسفی و محبی (2008) به منظور پیشگویی درصد جذب مواد جامد، کاهش آب و محتوای رطوبتی سیب زمینی آبیگری شده توسط محلول اسمزی نمک، از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد که بهترین مدل برای پیشگویی پارامترهای فوق دارای 2 لایه پنهان و 10 نرون در هر لایه می باشد (7).

مدل سازی سینتیک آبیگری اسمزی سیب با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای 1 لایه پنهان و 4 نرون در لایه پنهان نسبت به مدل های رگرسیونی کارایی بهتری برای پیشگویی درصد کاهش آب دارد (8).

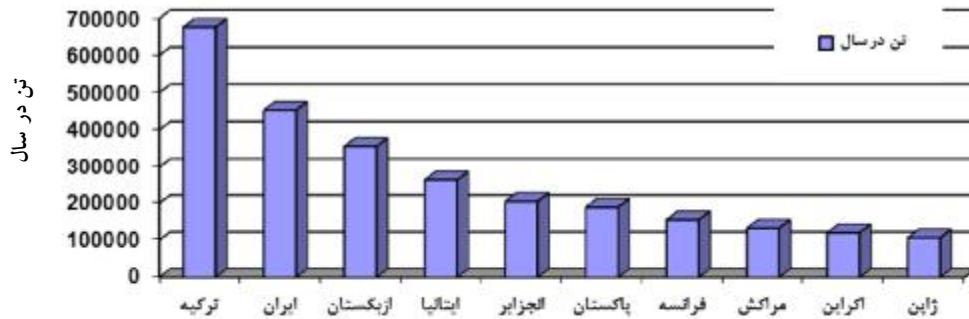
توانایی پیشگویی یک شبکه عصبی به ساختار آن وابستگی کامل دارد (نوع تابع فعالسازی، تعداد لایه ها و تعداد نرون های لایه پنهان). تخمین تعداد نرون های لایه پنهان عموماً به وسیله آزمون و خطا انجام می شود که وقت گیر بوده و دارای خطا می باشد.

1- Hypertonic

2- Rosaceae

3- Blanching

4- Artificial Neural Network (ANN)



شکل 1- مهمترین کشورهای تولیدکننده زردآلو در جهان

عداد مطالعات محدودی در خصوص کاربرد مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی برای مدل سازی و کنترل فرآیندهای خشک کردن مواد غذایی گزارش شده است. لذا هدف این تحقیق بررسی اثر عوامل مختلف (زمان، دما و غلظت محلول اسمزی) بر خشک کردن اسمزی زردآلو و مدل سازی انتقال جرم فرآیند (کاهش وزن، کاهش آب و جذب مواد جامد) با استفاده از مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی می باشد.

2- مواد و روش ها

2-1- خشک کردن اسمزی

در این پژوهش اثر دمای محلول اسمزی در محدوده 25 تا 65 درجه سانتی گراد، غلظت محلول اسمزی حاوی ساکاروز در محدوده 30 تا 60 درصد (وزنی/وزنی) و در محدوده زمانی 30 تا 120 دقیقه بر درصد کاهش وزن، کاهش آب، مقدار جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد توسط قطعات زردآلو مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا نمونه های زردآلو توسط یک کاتر تیز به دو نیم تقسیم شدند و سپس در اندازه های $1/5 \times 1/5$ به شکل حبه برش خوردند. زردآلوهای مورد استفاده به طور میانگین دارای رطوبت اولیه $88/60$ درصد بر مبنای تر بودند. رطوبت نمونه ها مطابق روش AOAC (1990) (14) از طریق قرار دادن نمونه ها در آون معمولی و دمای $102 \pm 0/5$ درجه سانتی گراد تا دستیابی به وزن ثابت اندازه گیری شدند. نسبت وزنی قطعات ها به محلول اسمزی 1 به 50 انتخاب شد.

لذا روش های بهینه سازی از قبیل الگوریتم ژنتیک¹ در جهت غلبه بر این مشکل ذاتی شبکه های عصبی و به دست آوردن تعداد بهینه نرون ها در لایه پنهان مورد استفاده قرار گیرند. الگوریتم ژنتیک الهام گرفته از طبیعت است و بر این اساس که بهترین ها حق بقا دارند، شکل گرفته است. مفاهیم اصلی GA شامل عملگرهای سه گانه انتخاب²، آمیزش³ و جهش⁴ که در مورد سیستمهای مصنوعی بکار می روند می باشد. در فرآیند تکثیر، کروموزوم هایی با شایستگی بالا شانس تکرار بیشتر در جمعیت منتخب را پیدا می کنند که این کار توسط فرآیند انتخاب صورت می پذیرد. پس از تکمیل فرآیند انتخاب، نوبت به اعمال عملگر بر روی جهت منتخب به منظور تولید جمعیت فرزندان می رسد. در انجام فرآیند پیوند، با انتخاب مقدار ثابت نرخ پیوند، به ترتیب برای هر کروموزوم یک عدد تصادفی تولید می شود. اگر عدد تصادفی تولید شده از نرخ پیوند کمتر باشد، این کروموزوم انتخاب می شود تا با کروموزوم های بعدی که شرایط فوق را دارد، آمیزش نماید. در انجام فرآیند جهش، با انتخاب مقدار ثابت نرخ جهش، برای کلیه بیت های کروموزوم های جمعیت عدد تصادفی تولید می شود. اگر عدد تصادفی تولید شده از نرخ جهش کوچکتر باشد، مقدار آن بیت عوض یعنی مقدار صفر به یک و یا بالعکس تبدیل می شود. الگوریتم ژنتیک هنگامی که برخی ضوابط مانند تعداد معینی تولید نسل و یا میانگین انحراف معیار عملکرد اشخاص جمعیت تامین شود، به پایان می رسد (9-13).

1 - Genetic Algorithm(GA)

2- Selection

3 - Crossover

4 - Mutation

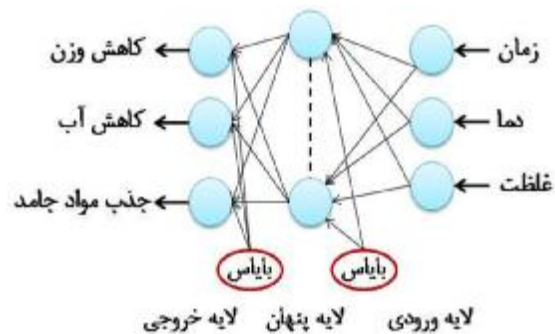
(y) از طریق افزایش بایاس⁴ به مجموع ورودی های وزن دار شده با استفاده از رابطه 4 محاسبه می شود (5).

(5)

$$y_j = \sum_{i=1}^p W_{ij} X_i + b_j$$

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 (6).

در این مطالعه سه ورودی (شامل زمان، دما و غلظت محلول اسمزی) و سه خروجی (درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد⁵) در نظر گرفته شد (شکل 2). تعداد نرون های لایه پنهان وابسته به کاربرد شبکه و شرایط تعیین پارامترهای شبکه داد. برای رسیدن به ترکیبی مناسب از تعداد نرون ها در لایه پنهان که حداقل خطا را در بر داشته باشد، فرآیند بهینه سازی تعداد نرون ها در لایه پنهان شبکه عصبی به روش الگوریتم ژنتیک انجام گرفت. جمعیت اولیه برای تولید نسل ها 100 و حداکثر تعداد نسل ها نیز 100 نسل در نظر گرفته شده است. احتمال آمیزش و جهش بر اساس توصیه راهنمای نرم افزار، 0/9 و 0/01؛ و تعداد نرون ها جهت بهینه سازی 1 تا 30 عدد در نظر گرفته شد. از توابع فعال سازی⁶ خطی، سیگموئیدی⁷ (رابطه 6) و تانژانت هیپربولیک⁸ (رابطه 7) که متداول ترین نوع توابع فعال سازی هستند، در لایه پنهان و خروجی استفاده گردید (17-18). در این پژوهش روش بهینه سازی لونیبرگ-مارکوت که یکی از پر کاربردترین قوانین یادگیری است، به منظور یادگیری شبکه مورد استفاده قرار گرفت (6).



شکل 2- ساختار شماتیک ورودی و خروجی های شبکه عصبی مصنوعی سه لایه (3/11/3)

2-2- محاسبه پارامترها و معادلات مربوطه

میزان کاهش وزن (WR)¹، کاهش آب (WL)²، درصد جذب مواد جامد (SG)³ و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد (WL/SG) زردآلوهها بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف (قبل از آبیگری اسمزی، بعد از اسمز و بعد از خشک کردن در آون) از طریق معادلات زیر محاسبه گردید.

(1)

$$WR = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100$$

(2)

$$SG = \frac{S_t - S_0}{A_0} \times 100$$

(3)

$$WL = \frac{W_0 - W_t}{A_0} \times 100 = \frac{W_0 - (A_t - S_t)}{A_0}$$

(4)

$$WL / SG = \frac{WL}{SG} \times 100$$

WR: درصد کاهش وزن قطعات زردآلو در مرحله اسمز

SG: درصد جذب مواد جامد

WL: درصد کاهش آب در مرحله اسمز

A_0 : جرم اولیه نمونه (gr)

A_t : جرم نمونه بعد از اسمز (gr)

S_t : مقدار ماده جامد نمونه بعد از اسمز (gr)

S_0 : مقدار ماده جامد نمونه اولیه (gr)

W_0 : رطوبت اولیه نمونه (gr)

W_t : رطوبت نمونه بعد از اسمز (gr)

3-2- مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی

مدل سازی فرآیند خشک کردن اسمزی زردآلو جهت پیشگویی درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به روش الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی، توسط شبکه های عصبی سه لایه پرسپترون پیشخور انجام پذیرفت (15-16). نرون ها در این نوع شبکه در سه لایه ورودی، پنهان و خروجی دسته بندی می شوند. خروجی نرون های لایه پنهان و خروجی

⁴ - Bias

⁵ - Water loss (WL)

⁶ - Activation function

⁷ - Sigmoid functions

⁸ - Hyperbolic tangent function

¹ - Weight Reduction

² - Water Loss (WL)

³ - Solid Gain (SG)

3- نتایج و بحث

3-1- خشک کردن اسمزی

در واقع خشک کردن اسمزی یک فرآیند آبیگری از مواد غذایی مانند میوه جات و سبزی جات است. این روش مزیت هایی قابل توجهی نسبت به سایر روش های خشک کردن دارد و به دلیل غوطه ور بودن ماده غذایی در محلول اسمزی از تماس آن با هوا و واکنش های نامطلوب حین فرآیند خشک کردن جلوگیری می شود. همچنین به دلیل اعمال دماهای پایین تر و عدم تغییر فاز، مواد مغذی حفظ شده و در مصرف انرژی صرفه جویی می شود. اثر مدت زمان تماس محلول اسمزی و قطعات زردآلو بر درصد کاهش وزن، درصد کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در شکل 3 به نمایش درآمده است. همانطور که ملاحظه می شود، با افزایش زمان فرآیند اسمزی، مقدار خروج آب افزایش چشمگیری می یابد. همچنین در زمان های طولانی، مقدار ساکاروز جذب شده توسط قطعات نیز افزایش می یابد. با افزایش زمان فرآیند اسمزی از 30 به 120 دقیقه، درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به ترتیب 21/87، 50/64 و 157/31 درصد افزایش می یابد. همچنین مشاهده شد که با افزایش زمان فرآیند اسمزی از 30 به 120 دقیقه، نسبت دفع آب به جذب مواد جامد از 5/76 به 2/62 درصد کاهش می یابد.

فنجی و همکاران در طی خشک کردن اسمزی ورقه های کیوی گزارش کردند که با افزایش زمان غوطه وری از 30 به 120 دقیقه، درصد کاهش آب و جذب مواد جامد به ترتیب از 7/52 به 10/63 و از 1/03 به 2/07 افزایش می یابد (دمای 20 درجه سانتی گراد و غلظت 30% وزنی/وزنی) (19).

برای تولید مناسب محصولات در سطح صنعتی به روش اسمزی نیاز به درک صحیح از فاکتورهای تاثیرگذار بر انتقال جرم در طول خشک کردن اسمزی برای بهینه سازی فرایند موردنیاز است، که نوع محلول اسمزی، غلظت محلول اسمزی و دما را سه عامل اصلی کنترل فرایند می باشند (20). در شکل 4 تاثیر دمای محلول اسمزی بر درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو به نمایش درآمده است. با افزایش دمای محلول قندی از 25 به 65 درجه سانتی گراد، درصد کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد به ترتیب 122/95، 109/55، 79/77 و 39/38 درصد افزایش می یابد.

(6)

$$\text{Sig} = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

(7)

$$\text{tanh} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

به منظور مدل سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی، داده ها به سه دسته داده های آموزش، آزمون و ارزیابی تقسیم شدند. تعداد سیکل های یادگیری¹ برابر 1000 انتخاب شد و برای جلوگیری از یادگیری بیش از حد²، فرآیند یادگیری در صورتی که میانگین مربعات خطای³ یادگیری پس از 100 سیکل یادگیری تغییری نمی کرد، متوقف می شد.

به منظور ارزیابی شبکه عصبی استفاده شده پیشگویی پارامترهای مورد بررسی، از شاخص ضریب همبستگی⁴ (رابطه 8) استفاده گردید.

(8)

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N [O_i - T_i]^2}{\sum_{i=1}^N [O_i - T_m]^2}}$$

در معادلات فوق O و T به ترتیب مقادیر پیشگویی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و داده های تجربی نام، N تعداد داده ها و σ^2 واریانس داده ها می باشند. T_m با استفاده از رابطه شماره 9 محاسبه می گردد:

(9)

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^N O_i}{N}$$

نرم افزار نروسولوشن⁵ نسخه 6 جهت مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی استفاده گردید. در این نرم افزار با تغییر نوع تابع فعال سازی (تانژانت هیپربولیک، سیگموئیدی و خطی)؛ تعداد داده های استفاده شده جهت یادگیری، آزمون و ارزیابی و قاعده یادگیری لیونبرگ-مارکت⁶، بهترین ساختار⁷ شبکه جهت دست یابی به شبکه بهینه بررسی شد.

1 - The learning cycle

2 - Over learning

3 - Mean squared error (MSE)

4 - Correlation coefficient (r)

5 - Neurosolution software (Excel software release 6.0) presented by NeuroDimension, Inc., USA

6 - Levenberg-Marquardt (LM)

7 - Topology

مقدار خطای کمتری که با استفاده تابع فعال سازی تانژانت هیپربولیک بدست می آمد، این نوع تابع به عنوان تابع فعال سازی در لایه پنهان و خروجی انتخاب گردید.

بر اساس روش آزمون و خطا مشخص شد در صورتی که 40 درصد داده ها برای آموزش استفاده گردد، شبکه به خوبی قادر به یادگیری روابط بین ورودی ها و خروجی ها می باشد. 20 درصد داده ها هم برای آزمون شبکه آموزش دیده استفاده گردید. به منظور ارزیابی شبکه هم از باقی مانده داده ها (40 درصد) استفاده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی دارای 14 نرون در لایه پنهان می تواند به خوبی درصد کاهش وزن ($R=0/98$)، درصد کاهش آب ($R=0/97$) و مقدار جذب مواد جامد ($R=0/96$) در طی فرآیند خشک کردن اسمزی زردآلو را پیشگویی نماید.

مقدار میانگین مربعات خطاء در برابر تعداد نسل های تشکیل شده، در شکل 6 به نمایش در آمده است. همانطور که ملاحظه می شود در همان نسل های اول مقدار خطاء کاهش می یابد و بعد از تشکیل حدود 12 نسل، مقدار خطاء به مقدار ثابتی می رسد.

هدف از فرآیند آموزش شبکه عصبی مصنوعی به دست آوردن بردارهای وزن و بایاس شبکه عصبی بهینه است. در جدول 1، مقادیر وزن ها و بایاس های متناظر با هر نرون برای شبکه عصبی دارای 14 نرون در لایه پنهان آورده شده است.

مقادیر واقعی داده های ارزیابی (40 درصد داده استفاده نشده توسط شبکه) و پیشگویی شده درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد توسط شبکه عصبی بهینه ($3/14/3$) در شکل های 7، 8 و 9 نشان داده شده است. مقدار بالای ضریب همبستگی نشان دهنده کارایی بالای شبکه عصبی مصنوعی می باشد.

فتحی و همکاران (2011) به بررسی مدل سازی فرآیند آبیگری از کیوی طی فرآیندهای مختلف آبیگری اسمزی پرداختند و سپس سینتیک انتقال جرم آن را توسط شبکه های عصبی مصنوعی مدل سازی گردید. ساختار های مختلف شبکه عصبی چند لایه پرسپترون برای پیشگویی انتقال جرم کیوی آبیگری شده را مورد آزمون قرار داده و نتایج گزارش شده نشان می دهد که مدل شبکه عصبی مصنوعی دارای 9 نرون در لایه پنهان، کمترین میزان خطا را در پیشگویی پارامترهای سینتیکی انتقال جرم طی فرآیند آبیگری اسمزی کیوی دارد. این مدل می تواند به منظور تولید

فتحی و همکاران (2011) در طی خشک کردن اسمزی ورقه های کیوی گزارش کردند که با افزایش دما و غلظت محلول اسمزی، و همچنین زمان غوطه وری، درصد کاهش آب افزایش می یابد (19).

با افزایش غلظت محلول اسمزی از 30 درصد به 60 درصد مقدار خروج آب از قطعات زردآلو افزایش می یابد (شکل 5). با افزایش غلظت ساکاروز در محلول اسمزی، فشار اسمزی در بافت زردآلو افزایش می یابد که افزایش میزان خروج آب و کاهش درصد رطوبت را در پی دارد. با افزایش غلظت محلول اسمزی از 30 به 60 درصد (وزنی/وزنی)، درصد کاهش وزن و کاهش آب به ترتیب از $12/25$ و $16/76$ به $22/39$ و $31/39$ افزایش یافتند.

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول اسمزی از 30 به 60 درصد (وزنی/وزنی)، نسبت دفع آب به جذب مواد جامد از $5/21$ به $3/46$ درصد کاهش می یابد. معینی و جواهری (1383) از روش اسمز جهت خشک کردن ماهی کیلکا استفاده کردند. این محققان گزارش دادند که با افزایش نسبت از دست دادن آب به جذب مواد جامد، کارایی فرآیند اسمزی افزایش می یابد. این محققان نسبت از دست دادن آب به جذب مواد جامد برای محلول حاوی 80% شربت گلوکز و 10% نمک طعام برابر $3/92$ گزارش کردند (21).

بخش آبادی و همکاران (2011) سینتیک خشک شدن اسمزی برکه های سیب را در محلول های مختلف بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بالاترین درصد جذب مواد، و کاهش آب در محلول های با غلظت 65 درصد مشاهده شد و نمونه های خشک شده در این غلظت بالاترین ویژگیهای حسی را دارا بودند (22). همچنین در این شکل مشاهده می شود که مقدار جذب مواد جامد نیز با افزایش غلظت محلول اسمزی افزایش می یابد.

3-2- نتایج مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی

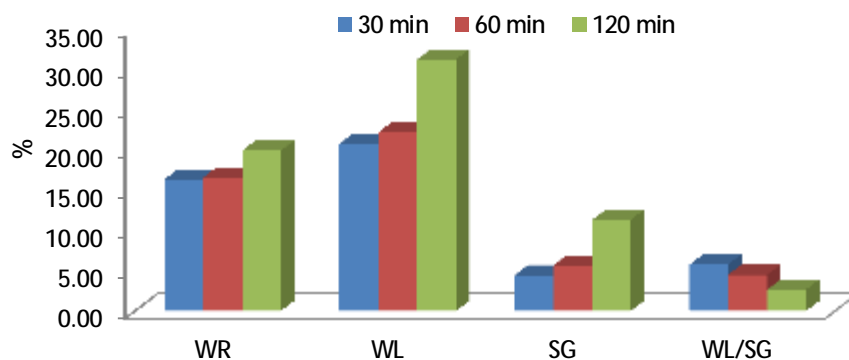
به منظور پیشگویی درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو از مدل سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. زمان، دما و غلظت محلول قندی به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شدند و درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به عنوان خروجی شبکه انتخاب گردیدند. با توجه به

مواد جامد) نشان داد که بهترین شبکه با کمترین مجموع مربعات خطا برابر 0/0066 و بیشترین میانگین ضریب رگرسیون 0/9725 با یک لایه مخفی و پنج نرون و روش بهینه سازی لیونبرگ - مارکوت به بدست می آید (24).

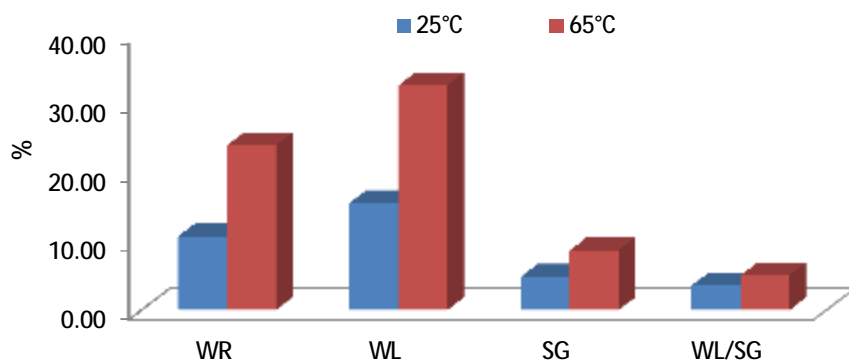
به منظور بررسی مقدار تاثیر گذاری پارامترهای ورودی و شناسایی تاثیر گذارترین عامل، تست آنالیز حساسیت¹ بر روی شبکه بهینه انجام شد. همانطوری که در شکل 10 مشاهده می شود در میان متغیرهای ورودی، دمای محلول اسمزی موثرترین عامل در هنگام پیشگویی درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو می باشد.

محصولی با کیفیت مطلوب، طراحی مناسب تجهیزات فرآوری و بهینه سازی فرآیند مورد استفاده قرار گیرد (19).

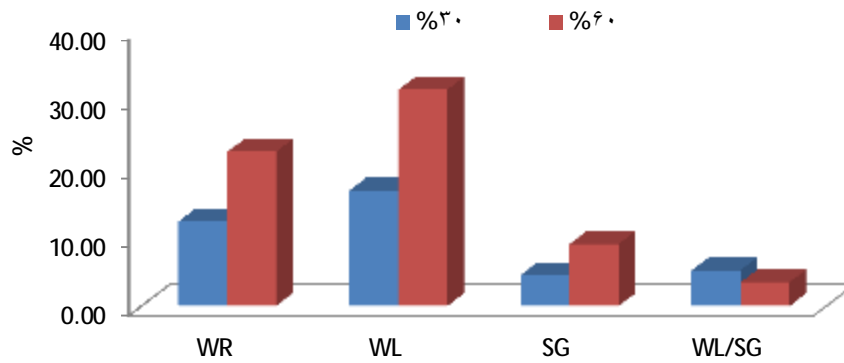
ارنتورک و همکاران نیز از روش های الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی جهت مدلسازی فرآیند خشک کردن هویج استفاده نمودند (23). نتایج این محققان حاکی از قدرت بالای این روش جهت مدلسازی فرآیندهای خشک کردن مواد غذایی می باشد. همچنین لرتوراسیریکل و همکاران مدل سازی انتقال جرم آبگیری اسمزی پوست لیموی آفریقایی را توسط شبکه ی عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار دادند. نتایج پیش بینی میزان دفع آب و جذب مواد جامد توسط شبکه عصبی چند لایه با سه ورودی (دما، زمان غوطه وری در محلول اسمزی و غلظت



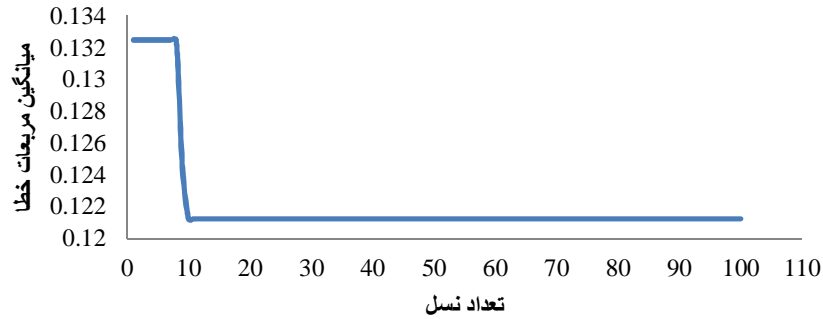
شکل 3- اثر مدت زمان فرآیند اسمزی بر کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد در طی خشک کردن زردآلو.



شکل 4- اثر دمای محلول اسمزی بر کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو



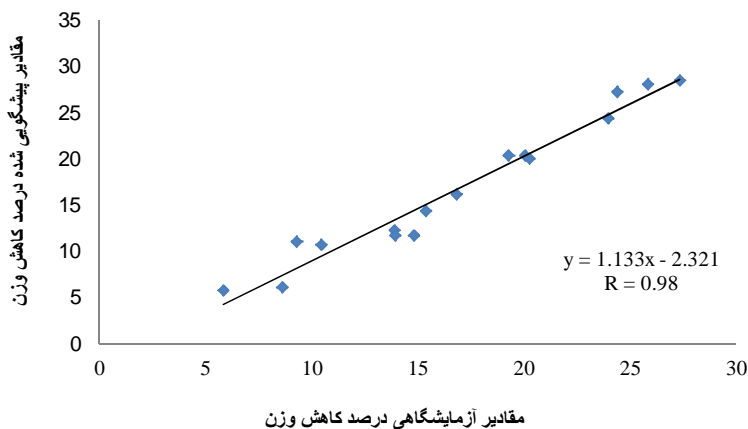
شکل 5- اثر غلظت محلول اسمزی بر کاهش وزن، کاهش آب، جذب مواد جامد و نسبت دفع آب به جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو



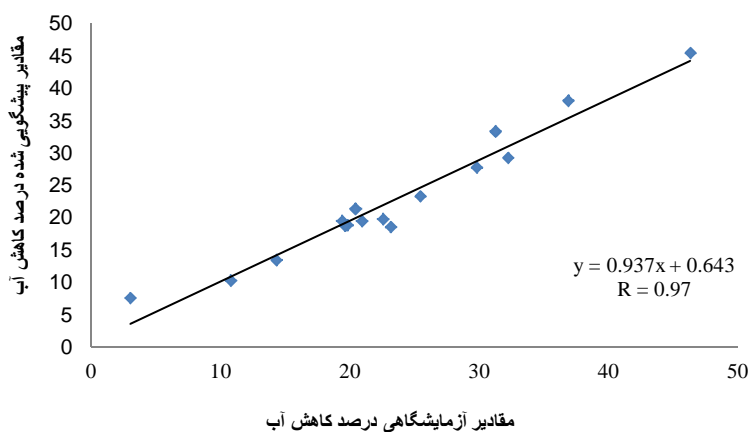
شکل 6- مقادیر میانگین مربعات خطا به عنوان تابعی از تعداد نسل های تشکیل شده.

جدول 1- مقادیر وزن ها و بایاس های متناظر با هر نرون در شبکه عصبی مصنوعی بهینه

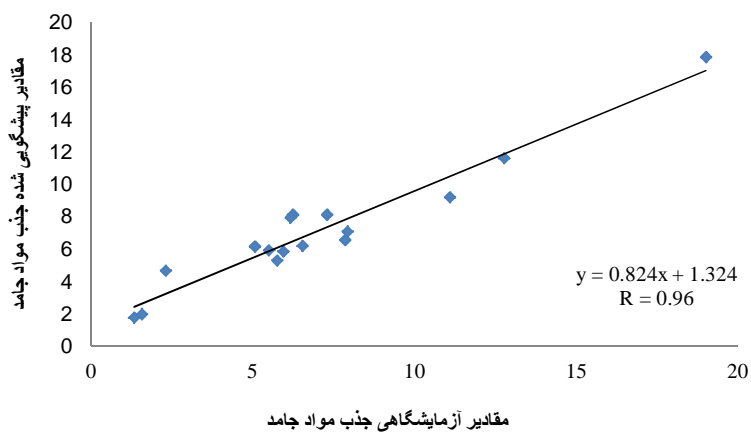
| تعداد نرون لایه پنهان | بایاس | نرون های ورودی | | | نرون های خروجی | |
|-----------------------|---------|----------------|---------|---------|----------------|---------|
| | | زمان | دما | غلظت | کاهش وزن | کاهش آب |
| 1 | -0/6584 | -1/2568 | 1/2658 | 0/2658 | 0/5252 | 0/1912 |
| 2 | 0/2564 | 1/2646 | 0/2565 | 0/2356 | 0/6582 | 0/2658 |
| 3 | -0/6895 | 0/2654 | 0/1254 | -3/0033 | 0/2151 | -1/2587 |
| 4 | 0/1625 | -0/2646 | -1/9757 | -0/8489 | 1/2565 | -3/1974 |
| 5 | -0/4885 | 1/7761 | -0/3929 | -0/6731 | 1/2565 | 0/5384 |
| 6 | 0/2125 | 1/8891 | -0/1677 | 0/8207 | 1/3658 | 1/8246 |
| 7 | -0/6515 | -0/1489 | 0/1661 | -3/2855 | 0/2569 | 1/4507 |
| 8 | -0/7125 | -0/8952 | 0/3631 | 2/3130 | 1/2564 | 3/9831 |
| 9 | 0/1112 | 1/1129 | -0/5130 | 5/1063 | 0/2564 | -3/2344 |
| 10 | -0/3665 | 0/6324 | -2/4265 | -3/2791 | 0/1457 | -4/6721 |
| 11 | 0/7313 | -2/7924 | 4/1043 | -5/6366 | 2/2564 | -4/0833 |
| 12 | -3/8096 | -3/1198 | -0/0238 | -0/4308 | 0/2658 | -1/7024 |
| 13 | 1/3113 | 0/5586 | 0/7151 | 0/2658 | 0/2546 | 0/3658 |
| 14 | -0/0928 | 1/3906 | 0/2658 | 0/2568 | 0/2546 | 0/6987 |
| بایاس | | | | | 1/3292 | 0/6985 |



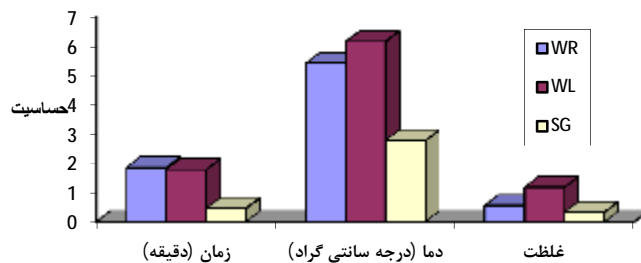
شکل 7- مقادیر تجربی داده های ارزیابی در برابر مقادیر پیشگویی شده درصد کاهش وزن طی خشک کردن اسمزی زردآلو



شکل 8- مقادیر تجربی داده های ارزیابی در برابر مقادیر پیشگویی شده درصد کاهش آب طی خشک کردن اسمزی زردآلو



شکل 9- مقادیر تجربی داده های ارزیابی در برابر مقادیر پیشگویی شده جذب مواد جامد طی خشک کردن اسمزی زردآلو.



شکل 10- نتایج آنالیز حساسیت مدل سازی خشک کردن اسمزی زردآلو

dehydration of pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 86: 30-38.

6- Salehi, F. and Razavi, S.M.A. 2012. Dynamic modeling of flux and total hydraulic resistance in nanofiltration treatment of regeneration waste brine using artificial neural network. *Desalination and Water Treatment*, 41: 95-104.

7- Amiriyosofi, M.R., and Mohebbi, M. 2008. Mass transfer modeling during potato osmotic dehydration with artificial neural networks. 18th food science national congress, Mashad, Iran (In Persian).

8- Ochoa-Martínez, C. I., and Ayala-Apaonte, A. A. 2007. Prediction of mass transfer kinetics during osmotic dehydration of apples using neural networks. *LWT-Food Science and Technology*, 40: 638-645.

9- Rajeev, S., and Krishnamoorthy, S. C. 1992. "Discrete optimization of structure using genetic algorithms. *Journal of Structural Engineering*. ASCE, 118(5): 1233-1250.

10- Hayalioglu M. S. 2004. Optimum load and resistance factor design of steel space frames using genetic algorithm. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 21(4): 292-299.

11- Morimoto, T. 2006. Genetic algorithm. In *Handbook of food and bioprocess modeling techniques*, (S.S. Sablani, M.S. Rahman, A.K. Datta, and A.S. Mujumdar, eds.), CRC Press, New York. 405-434.

12- Neurosolution. 2010. Neurosolution software User's Guide: (Version 6.01). NeuroDimension, Inc., USA.

13- BahramParvar, M., Salehi, F. and Razavi, S.M.A. 2013. Predicting total acceptance of ice cream using artificial neural network. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1-9.

14- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed., Vol. 2. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington.

15- Abbas, A. and Al-Bastaki, N. 2005. Modeling of an RO water desalination unit using neural networks. *Chemical Engineering Journal*, 114: 139-143.

16- Darwish, N. A., Hilal, N., Al-Zoubi, H. and Mohammad A. W. 2007. Neural networks simulation of the filtration of sodium chloride and magnesium chloride solutions using nanofiltration membranes. *Institution of Chemical Engineers*, 85: 417-430.

17. Rapetto, M.P. Almqvist, A. Larsson, R. Lugt, P.M. 2009. On the influence of surface roughness on real area of contact in normal, dry, friction free, rough contact by using a neural network. *Wear*, 266: 592-595.

18. Yangali-Quintanilla, V., Verliefe, A., Kime, T.U., Sadmania, A., Kennedy, M., and Amya, G.

4- نتیجه گیری

در این مطالعه اثر زمان، دما و غلظت محلول اسمزی بر درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد در طی خشک کردن اسمزی زردآلو مورد بررسی قرار گرفت. هر سه متغیر ذکر شده بر مقدار خروج آب و مقدار ماده قندی جذب شده موثر هستند. با افزایش زمان، دما و غلظت محلول اسمزی، مقدار رطوبت خارج شده از زردآلو افزایش می یابد و همچنین مقدار ساکاروز جذب شده نیز افزایش می یابد.

در این مقاله، همچنین از مدل سازی الگوریتم ژنتیک - عصبی مصنوعی جهت پیشگویی درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد به عنوان تابعی از زمان، دما و غلظت محلول اسمزی (ورودی های شبکه) در طی خشک کردن اسمزی زردآلو استفاده گردید. از روش الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی تعداد نرون ها در لایه مخفی شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. نتایج نشان داد شبکه دارای 14 نرون در یک لایه پنهان و با استفاده از تابع فعالسازی تانژانت هیپربولیک در لایه پنهان و خروجی، و با استفاده از روش بهینه سازی لیونبرگ -مارکوت، شبکه به خوبی قادر به پیشگویی پارامترهای خروجی (درصد کاهش وزن، کاهش آب و مقدار جذب مواد جامد) با ضریب همبستگی بالا (به ترتیب 0/98، 0/97 و 0/96) می باشد. نتایج آنالیز حساسیت، دمای محلول اسمزی را به عنوان موثرترین پارامتر بر روی تغییر درصد کاهش آب معرفی نمود.

5- منابع

1- Rastogi, N. K., Raghavarao, K.S.M.S. and Niranjana, K. 2005. Developments in osmotic dehydration., In: Sun, D.W. (ed.), *Emerging technologies for food processing*. Elsevier Academic Press, California, 221-223.

2- Moghtader A. Iranian apricot and related products in economical and export point of views. (1st ed.) Institute of Standard and Industrial Researches of Iran, Tabriz, Iran, 1989, (In Persian).

3- FAO, 2011, Statistical Database. Available: <http://www.fao.org/>.

4- Dalvi Isfahan. M, DaraeiGarmakhany. A, Aghajani. N, Daneshpour. G, Hossinian. M, and Mohammadi. N. 2012. Effect of blanching and soaking in different osmotic solutions on oil uptake and quality attributes of produced potato chips. *Food Technology & Nutrition*, 9 (4): 67-76.

5- Kowalska, H. Lenart, A. and Leszczyk, D. 2008. The effect of blanching and freezing on osmotic

2009. Artificial neural network models based on QSAR for predicting rejection of neutral organic compounds by polyamide nanofiltration and reverse osmosis membranes". *Journal of Membrane Science*, 342: 251–262.
- 19- Fathi, M., Mohebbi, M., and Razavi, S.M.A. 2009. Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit, *Food Bioprocess Technol.* doi: 10.1007/s11947-009-0222-y
- 20- Phisut, N. 2011. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*, 19(1):7-18.
- 21- Moini, S., and Javaheri, M. 2004. An investigation on usage of osmotic method for drying kilka, *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(4): 91-909 (In Persian).
- 22- Bakhshabadi, H., Mirzaei, H. O., DaraeiGarmakhany, A., Mokhtarian, M., Jeberaili, Sh., Shakeri, Z. and Khanzadi, M. 2011. Investigation of effect pretreatment of osmotic solution concentration on drying kinetics of apple. The first conference on optimization of production, distribution and consumption in the food industry, Gorgan, Iran (In Persian).
- 23- Erenturk, S., and Erenturk, K. 2007. Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for drying process of carrot. *Journal of Food Engineering*, 78: 905-912.
- 24- Lertworasirikul, S., and Saetan, S. 2010. Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. *Journal of Food Engineering*, 98: 214–223.